Studien an Zinkblende.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

Philipp Hochschild

aus Frankfurt a. M.

Tag der mündlichen Prüfung: 2. November 1906.

Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele).

1908.

91

Studien an Zinkblende.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

Philipp Hochschild
aus Frankfurt a. M.

ACAD. MED. BAT. BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung: 2. November 1906.

Stuttgart.
E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele).
1908.

Separat-Abdruck aus dem Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. Beil.-Bd. XXVI.

Druck von Carl Grüninger, K. Hofbuchdruckerei Zu Gutenberg (Klett & Hartmann), Stuttgart.

Meinen lieben Eltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549813_0093

Studien an Zinkblende.

Von

Philipp Hochschild aus Frankfurt a. M.

Mit Taf. XVIII—XXIV und 18 Textfiguren.

Einleitendes.

Die vorliegenden Untersuchungen stehen im engeren Zusammenhang mit folgenden Arbeiten:

Sadebeck: Über die Kristallformen der Blende. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1869. **20**. 620.

— Hemiedrie der scheinbar holoedrischen Formen der Blende und des Kupferkieses. Ibid. 1872. **24**. 180.

— Über geneigtflächige Hemiedrie. Ibid. 1878. **30**. 573.

Groth: Mineraliensammlung der Universität Straßburg. Straßburg-London 1878. 23. 24.

Becke: Ätzversuche an der Zinkblende. Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 457.

Goldschmidt: Über Ätzfiguren, deren Entstehung und Eigenart. Zeitschr. f. Krist. 1903. **37**. 3.

— und Wright: Über Ätzfiguren, Lichtfiguren und Lösungskörper, mit Beobachtungen am Calcit. Dies. Jahrb. 1903. Beil.-Bd. XVII. 355.

— und Wright: Über Lösungskörper und Lösungsgeschwindigkeit von Calcit. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVIII. 335.

— Zur Mechanik des Lösungsprozesses. Zeitschr. f. Krist. 1904. **38**. 6.

Ferner wurden folgende Arbeiten benutzt:

Meyer: Ätzversuche am Kalkspat. Dies. Jahrb. 1883. I. 74.

— und Penfield: Resultate der Ätzung an einer Quarzkugel mit Flußsäure. Trans. Conn. Acad. 1889. **8**. 157.

Gill: Beiträge zur Kenntnis des Quarzes. Zeitschr. f. Krist. 1894. **22**. 97.

Baumhauer: Die Resultate der Ätzmethode in der kristallographischen Forschung. Leipzig 1894.

Goldschmidt und Nicol: Spinellgesetz beim Pyrit und über Rangordnung der Zwillingsgesetze. Dies. Jahrb. 1904. II. 93.
— Über die Zwillingsgesetze des Quarzes. Min. u. petr. Mitt. 1905. **24**. 3.
— Formensystem aus Accessorien, abgeleitet am Topas. Zeitschr. f. Krist. 1905. **40**. 4.
— Über krumme Flächen (Übergangsflächen), mit Beobachtungen am Phosgenit. Ibid. 1896. **26**. 1.
Mügge: Die Zersetzungsgeschwindigkeit des Quarzes gegenüber Flußsäure. Ein Beitrag zur Theorie der Ätzfiguren. Festschrift H. Rosenbusch. Stuttgart 1906. p. 96.

Allgemeine Fragen.

Folgende allgemeine Fragen standen dabei im Vordergrunde des Interesses:

Die Untersuchungen von Goldschmidt und Wright hatten in bezug auf die Ätzfiguren und Lösungskörper am Calcit eine Anzahl von Resultaten ergeben, von denen angenommen wurde, daß sie nicht nur für den Calcit bestehen, sondern für die Kristalle im allgemeinen Gültigkeit haben. Unter diesen mögen die folgenden hervorgehoben werden.

Ätzfiguren bilden sich vorzugsweise auf den Primärflächen einer Kristallart.

Die Reflexzüge der Ätzfiguren verlaufen von einem Hauptknoten zum andern.

Die Reflexzüge der Ätzfiguren auf verschiedenen Flächen derselben Kristallart vereinigen sich zu einem Gesamtbilde, entsprechend dem Formensystem der Kristallart.

Jedes Ätzmittel gibt andere Ätzfiguren mit andern Lichtfiguren. Jedes schreibt gewissermaßen seine eigene Handschrift; diese ist beeinflußt durch Temperatur und Konzentration des Lösungsmittels.

Die Wahl der geätzten Flächen ist willkürlich. Es könnte sein, daß bei anderer Wahl der Flächen andere Knoten und Züge als Gesamtbild gefunden würden. Um diese Willkür zu beseitigen, wurden von Calcit Kugeln geschliffen und diese geätzt. Das Lösungsmittel suchte sich die Angriffsstellen selber aus. Die Ätzung der Kugeln ergab beim Calcit im wesentlichen folgendes.

Es entstanden Ätzgrübchen an der Stelle der Haupt-

knoten und zwar in Reihen, die den Verlauf der Hauptzonen auf der Kugel darstellten. So zeichnet sich, etwas verschwommen, das Formensystem der Kristallart auf die Kugel.

Das Reflexbild der Ätzfiguren gab wieder das Gesamtbild der Formenentwicklung.

Wurde die Lösung fortgesetzt, so verschwanden die Ätzgrübchen. An ihrer Stelle entstanden vorstehende Spitzen an Stelle der Hauptknoten, scharfe Grate an Stelle der Hauptzonen. So resultierte ein Körper mit Ecken und Kanten, letztere gekrümmt. Dazwischen glatte oder matte mit Ätzhügeln bedeckte krumme Flächen.

Solche Körper wurden Lösungskörper genannt: Die Gestalten dieser Lösungskörper sind nicht, was man Kristallformen nennt, d. h. nicht Formen, mit denen der wachsende Kristall abschließt (Formen des Aufbaus), sie sind vielmehr Formen des Abbaus aus der Kugel.

Die Gestalt des Lösungskörpers ändert sich mit fortschreitender Lösung. Die Ecken wandern, jedoch unter Beibehaltung der Symmetrie der Kristallart (beim Calcit der rhomboedrischen), bis eine Form erreicht wird (Endform), die bei weiterer Lösung, sich selbst ähnlich bleibend, kleiner und kleiner wird.

Jedes Lösungsmittel ergab eine ihm eigentümliche Serie von Lösungskörpern.

Von Einfluß auf Lösungskörper und Endform waren auch Temperatur und Konzentration der Lösung. Je höher die Temperatur und je schärfer angreifend das Lösungsmittel, desto schärfer die Kanten des Lösungskörpers. Schwache Lösungsmittel gaben nur undeutliche Ätzfiguren und Lösungskörper, die sich von der Kugel nur wenig unterscheiden. Ging die Konzentration über einen bestimmten Grad hinaus oder wurde das Lösungsmittel zu dick bezw. zu wasserarm, so wurden die Ätzfiguren und Lösungskörper weniger scharf.

Die Gestalt des Lösungskörpers gibt ein Bild von der Lösungsgeschwindigkeit in den verschiedenen Kristallrichtungen. Die Lösungsgeschwindigkeit ist abhängig von den Vorzugsrichtungen, aber zugleich von der Gestalt des angegriffenen Körpers, d. h. von dem Lauf des angreifenden und abfließenden Lösungsstromes. Zuerst ist bei starkem Ätz-

mittel der Angriff d. h. die Lösungsgeschwindigkeit am stärksten in den Hauptknoten, wo sich Löcher einbohren. Bei weiterem Verlauf wird die Lösungsgeschwindigkeit in denselben Hauptknoten am kleinsten, das Minimum verschiebt sich mit dem Wandern der Ecken und Kanten des Lösungskörpers.

Bei schwachen Ätzmitteln lag das Minimum der Lösungsgeschwindigkeit sogleich in den Hauptknoten und blieb da.

Durch die Lösungsversuche ließ sich eine Rangordnung der Hauptknoten- und Flächen des Calcits aufstellen, je nach der Rolle, die sie bei der Bildung von Ätzfiguren und Ecken der Lösungskörper spielten. Die Rangordnung wechselt mit dem Lösungsmittel, auswählend zwischen wenigen Hauptflächen. — Die Rangordnung der Hauptflächen deckt sich im wesentlichen mit derjenigen Rangordnung der Hauptflächen (Zwillingsbildung, Häufigkeit), wie sie sich aus der Entwicklung der Formen der Kristallart ergibt, doch so, daß einige Hauptflächen ihren Ort in der Rangliste vertauschen.

Die vorliegende Untersuchung stellte sich die Aufgabe, durch Beobachtungen und Versuche zu prüfen, ob und wie weit das am Calcit Gefundene auch bei der Zinkblende zutrifft, was als beiden gemeinsam, etwa für alle Kristalle gültig angesehen werden kann, was anderseits der Zinkblende speziell eigentümlich ist. Es möge daher das eben dargelegte Punkt für Punkt untersucht und verglichen werden.

Spezielle Fragen bei der Zinkblende.

Die spezielle Eigenart der Zinkblende ließ eine Anzahl Fragen und Untersuchungen als interessant und wichtig erscheinen. Diese Untersuchungen bilden einen zweiten Teil der Arbeit. Sie betreffen wesentlich Hemiedrie und Zwillingsbildung. Bezüglich dieser mögen folgende Punkte hervorgehoben werden.

I. Hemiedrie. Welche Rolle spielt die tetraedrische Hemiedrie im Formensystem sowie in bezug auf Lösungskörper und Ätzfiguren?

Die Tetraederflächen $p = +1$ und $p' = -1$ sind zu einander Fläche und Gegenfläche, haben also die gleiche Nor-

male. Betrachten wir diese Normale als Attraktionsrichtung, so ist in ihr ein polarer Gegensatz etwa wie zwischen dem Nord- und Südpol eines Magneten.

Es fragt sich, macht sich dieser polare Gegensatz im Verhalten gegenüber den verschiedenen Lösungsmitteln geltend, etwa in der Weise, daß für gewisse Lösungsmittel z. B. Säuren die eine Art ($p = +1$) Hauptknoten wird, für andere z. B. Alkalien ($p' = -1$) die andere Art.

Spaltbarkeit. Welche Rolle spielt die Spaltbarkeit ($d = 10$) in bezug auf das Formensystem und die Lösungserscheinungen?

II. Zwillingsbildung. Bei der Zinkblende sind Zwillinge und Viellinge häufig, jedesmal nach einem Gesetz, das dem Spinellgesetz bei tesseral-holoedrischen Kristallen entspricht. Infolge der Vereinigung mit der tetraedrischen Hemiedrie zeigt das Spinellgesetz gewisse Eigentümlichkeiten. Diese sollen näher untersucht werden.

III. Unterscheidung der ±-Formen. Durch die Untersuchungen von Becke war gezeigt, daß man die ±-Formen durch Ätzung mit Salzsäure unterscheiden kann. Nun kann die Ätzung nicht immer so eingerichtet werden, daß ihr Zweck erreicht wird und doch die zu schonenden Teile eines Kristalls unversehrt bleiben. Es fragt sich, kann statt ihrer die Messung und Diskussion der Accessorien[1] eintreten?

Die Wahrscheinlichkeit hierfür lag vor, nachdem durch die Untersuchung von Goldschmidt am Topas gezeigt worden war, daß sich aus den Accessorien das Formensystem einer Kristallart in seinen Hauptknoten und Hauptzonen gewinnen läßt.

IV. Die Messung der Kristalle einiger Fundorte versprach und ergab manches diesen Vorkommen speziell eigentümliche, und es erschien von Wert, die Resultate beschreibend und zeichnend wiederzugeben. Zugleich sollten diese als Beispiel zur Unterscheidung der ±-Formen dienen, nachdem sich hierfür ein gangbarer Weg gefunden hatte.

Bei der Untersuchung dieser Fragen erschien es wünschenswert, das Formensystem der Zinkblende genauer zu

[1] Formensystem aus Accessorien, abgeleitet am Topas. Zeitschr. f. Krist. 1905. **40**. 377.

betrachten. Es wurde daher eine Diskussion der Entwicklung der Formen dieser Kristallart vorausgeschickt.

Das hauptsächlich verwendete Material für die Ätz- und Lösungsversuche von Picos de Europa bei Santander (Spanien) war von Herrn Prof. V. Goldschmidt durch Jahre für eine derartige Arbeit gesammelt worden und wurde mir in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt. Einen größeren Posten von Zinkblende-Spaltstücken von Picos de Europa hatte ich selbst aus Spanien mitgebracht. Kristalle anderer Fundorte verdanke ich ebenfalls der Güte des Herrn Prof. Goldschmidt. Einiges lieferten das Mineralienkontor von D. Blatz in Heidelberg, die Mineralien-Niederlage zu Freiburg i. S. u. a.

Formensystem.

Das Formensystem der Zinkblende, d. i. die Gesamtheit der an diesem Mineral beobachteten Formen, möge auf Grund der in Fig. 1—3 gegebenen gnomonischen Projektionsbilder diskutiert werden unter Zuziehung der zweizifferigen Symbole, wie solche in Tabelle II zusammengestellt sind. Das Bild Taf. XVIII Fig. 1 hat die Würfelfläche c = o als Projektionsebene, Fig. 2 und 3 dagegen haben die Tetraederflächen $p = +1$ und $p' = -1$ als Projektionsebene.

Projektion auf Würfel (c) und Tetraeder (p, p').

Jede dieser Projektionsarten hat ihre Vorzüge. In den meisten Fällen leistet die Projektion auf die Würfelfläche c die besseren Dienste. Sie zeigt die Formen in einer Orientierung, wie wir sie gewohnt sind; sie gestattet die üblichen Flächensymbole unmittelbar abzulesen. Die +- und —- Formen erscheinen nebeneinander ohne Bevorzugung einer Art. Bei der Messung irgend einer Position sind zu deren Deutung unmittelbar die Winkeltabellen zu gebrauchen.

Die Projektion auf eine Tetraederfläche p oder p' ist dagegen bequem und übersichtlich zur Deutung von Zwillingen nach p. Es wird dabei die Zwillingsebene zur Projektionsebene gewählt. Dann erscheinen die beiden Individuen im Bilde gleichartig symmetrisch, das eine gegen das andere um 60° (180°) um den Pol gedreht. Viele Beziehungen beider

Individuen werden erst in dieser Darstellung verständlich. In ihr tritt der Gegensatz zwischen der Verteilung der Formen um die Pole p und p' besonders klar hervor.

Die Herstellung solcher Projektionen auf p aus den Symbolen geschieht leicht nach der in der Zeitschr. f. Krist. 1891. **19**. 35 gegebenen Vorschrift. Aus den hexaedrischen Symbolen (H) — Projektion auf c — $pq = hkl$ berechnet man die oktaedrischen Symbole (O_1) nach der Vorschrift[1].

$$hkl\,(H) = \frac{h-k}{h+k+l} \cdot \frac{k-l}{h+k+l}\,(O_1) = pq(O_1)$$

daraus:

$$pq\,(O_1) = (p+2q) \cdot (p-q)\,(O_2).$$

Zu diesen O_2-Symbolen gehört das Element $p_0 = \sqrt{\frac{2}{3}}$ im Sinne der rhomboedrischen Hemiedrie.

Bemerkungen zu Tabelle I und II.

Die Symbole O_2 wurden für unsere Zwecke den O_1-Symbolen vorgezogen, da sie den rhomboedrischen Symbolen des hexagonalen Systems entsprechen, und so die tetraedrische Hemiedrie mit der entsprechenden rhomboedrischen unmittelbar verglichen werden kann. Überhaupt sind bei der Projektion regulärer Formen auf die Oktaederfläche die Symbole O_2 vorzuziehen, ebenso wie bei hexagonalen von rhomboedrischer Ausbildung.

Es erschien angezeigt, für die Formen der Zinkblende und überhaupt für alle Formen des regulären Systems die Symbole für die Aufstellung O_2 zusammenzustellen.

Tabelle I gibt die Symbole der bis jetzt bekannten Formen des regulären Systems in hexaedrischer Aufstellung in Miller'scher und Goldschmidt'scher Bezeichnung, sowie die Projektionssymbole der tetraedrischen Aufstellung O_2.

Tabelle II gibt die Formen der Zinkblende speziell in einer gleichen Zusammenstellung wie Tabelle I. Den einzelnen Formen ist eine Angabe beigefügt, von wo die betreffende Form entnommen ist. Die Buchstabenbezeichnung wurde dem Index der Kristallformen der Mineralien von

[1] Das Nähere über diese Art der Projektion, sowie über die besetzten und unbesetzten Felder und Eintragen in diese Felder bei der tetraedrischen Hemiedrie vergl. Zeitschr. f. Krist. 1891. **19**. 35. Dort finden sich auch die O_2-Symbole für die häufigsten Formen des regulären Systems ausgerechnet.

Tabelle I. Oktaedrische Symbole (O_2) für die bekannten Formen des regulären Systems.

Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2	Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2
Gdt. p q	Miller h k l		Gdt. p q	Miller h k l	
0	001	1	$\frac{3}{5}0$	530	$+1\frac{\bar{1}}{8}$ $+\frac{11}{2}1$
$\frac{1}{9}0$	910	$+1\frac{7}{10}$ $+\frac{11}{8}1$	$\frac{2}{3}0$	320	$+1\frac{\bar{1}}{5}$ $+71$
$\frac{1}{8}0$	810	$+1\frac{2}{3}$ $+\frac{10}{7}1$	$\frac{5}{7}0$	750	$+1\frac{\bar{1}}{4}$ $+\frac{17}{2}1$
$\frac{1}{7}0$	710	$+1\frac{5}{8}$ $+\frac{3}{2}1$	$\frac{8}{11}0$	11.8.0	$+1\frac{\bar{5}}{19}$ $+91$
$\frac{1}{6}0$	610	$+1\frac{4}{7}$ $+\frac{7}{5}1$	$\frac{3}{4}0$	430	$+1\frac{\bar{2}}{7}$ $+10.1$
$\frac{1}{5}0$	510	$+1\frac{1}{2}$ $+\frac{7}{4}1$	$\frac{7}{9}0$	970	$+1\frac{\bar{5}}{16}$ $+\frac{23}{2}1$
$\frac{2}{9}0$	920	$+1\frac{5}{11}$ $+\frac{13}{7}1$	$\frac{4}{5}0$	540	$+1\frac{\bar{1}}{3}$ $+13.1$
$\frac{1}{4}0$	410	$+1\frac{2}{5}$ $+31$	$\frac{9}{11}0$	11.9.0	$+1\frac{\bar{7}}{20}$ $+\frac{29}{2}1$
$\frac{2}{7}0$	720	$+1\frac{2}{3}$ $+\frac{11}{5}1$	$\frac{5}{6}0$	650	$+1\frac{\bar{4}}{11}$ $+16.1$
$\frac{3}{10}0$	10.3.0	$+1\frac{4}{13}$ $+\frac{16}{7}1$	$\frac{6}{7}0$	760	$+1\frac{\bar{5}}{13}$ $+19.1$
$\frac{1}{3}0$	310	$+1\frac{1}{4}$ $+\frac{5}{2}1$	$\frac{7}{8}0$	870	$+1\frac{\bar{2}}{5}$ $+22.1$
$\frac{4}{11}0$	11.4.0	$+1\frac{1}{5}$ $+\frac{19}{7}1$	$\frac{10}{11}0$	11.10.0	$+1\frac{\bar{3}}{7}$ $+31.1$
$\frac{2}{5}0$	520	$+1\frac{1}{7}$ $+31$	$\frac{19}{20}0$	20.19.0	$+1\frac{\bar{1}\bar{8}}{39}$ $+58.1$
$\frac{3}{7}0$	730	$+1\frac{1}{10}$ $+\frac{13}{4}1$	10	110	$-\frac{1}{2}$ 0∞
$\frac{4}{9}0$	940	$+1\frac{1}{13}$ $+\frac{17}{5}1$	$\frac{1}{36}$	36.1.1	$+\frac{35}{38}$ $-2\frac{\bar{1}\bar{1}}{12}$ $+\frac{37}{34}$
$\frac{1}{2}0$	210	10 $+41$	$\frac{1}{16}$	16.1.1	$+\frac{5}{6}$ $-2\frac{\bar{1}\bar{5}}{16}$ $+\frac{17}{14}$
$\frac{7}{12}0$	12.7.0	$+1\frac{3}{10}$ $+\frac{26}{5}1$	$\frac{1}{12}$	12.1.1	$+\frac{11}{14}$ $2\frac{3}{4}$ $+\frac{13}{10}$
$\frac{4}{7}0$	470	$+1\frac{1}{11}$ $+51$	$\frac{1}{10}$	10.1.1	$+\frac{3}{4}$ $-2\frac{7}{10}$ $+\frac{11}{8}$

(Tabelle I, Fortsetzung 1.)

Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2	Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2
Gdt. p q	Miller h k l		Gdt. p q	Miller h k l	
$\frac{1}{9}$	911	$+\frac{8}{11} \quad -2\frac{7}{8} \quad +\frac{10}{7}$	$\frac{5}{6}$	655	$+\frac{1}{16} \quad -2\frac{3}{2} \quad -\frac{11}{4}$
$\frac{2}{15}$	15.2.2	$+\frac{13}{19} \quad -2\frac{3}{5} \quad +\frac{17}{11}$	1	111	$0 \quad -2$
$\frac{1}{6}$	611	$+\frac{5}{8} \quad -2\frac{1}{2} \quad +\frac{7}{4}$	$\frac{1}{16}1$	16.16.1	$-\frac{5}{11} \quad -\frac{17}{31} \quad -47.2$
$\frac{1}{5}$	511	$+\frac{4}{7} \quad -2\frac{2}{5} \quad +2$	$\frac{1}{11}1$	11.11.1	$-\frac{10}{23} \quad -\frac{4}{7} \quad -32.2$
$\frac{1}{4}$	411	$+\frac{1}{2} \quad -2\frac{1}{4} \quad +\frac{5}{2}$	$\frac{1}{8}1$	881	$-\frac{7}{12} \quad -\frac{3}{5} \quad -25.2$
$\frac{2}{7}$	722	$+\frac{5}{11} \quad -2\frac{1}{3} \quad +3$	$\frac{2}{15}1$	15.15.2	$-\frac{13}{32} \quad -\frac{17}{28} \quad -\frac{47}{2}.2$
$\frac{1}{3}$	311	$+\frac{2}{5} \quad -20 \quad +4$	$\frac{1}{7}1$	771	$-\frac{2}{5} \quad -\frac{8}{13} \quad -20.2$
$\frac{3}{8}$	833	$+\frac{5}{14} \quad -2\frac{1}{8} \quad +\frac{15}{2}$	$\frac{1}{6}1$	661	$-\frac{5}{13} \quad -\frac{7}{11} \quad -17.2$
$\frac{2}{5}$	522	$+\frac{1}{3} \quad -2\frac{1}{5} \quad +7$	$\frac{1}{5}1$	551	$-\frac{4}{11} \quad -\frac{2}{3} \quad -14.2$
$\frac{3}{7}$	733	$+\frac{4}{13} \quad -2\frac{2}{7} \quad +10$	$\frac{1}{4}1$	441	$-\frac{1}{3} \quad -\frac{5}{7} \quad -11.2$
$\frac{4}{9}$	944	$+\frac{5}{17} \quad -2\frac{1}{3} \quad +13$	$\frac{1}{3}1$	331	$-\frac{2}{7} \quad -\frac{4}{5} \quad -82$
$\frac{5}{11}$	11.5.5	$+\frac{2}{7} \quad -2\frac{4}{11} \quad +16$	$\frac{2}{5}1$	525	$-\frac{1}{4} \quad -\frac{7}{8} \quad -\frac{17}{2}2$
$\frac{1}{2}$	211	$+\frac{1}{4} \quad -2\frac{1}{2} \quad +\infty$	$\frac{1}{2}1$	221	$-\frac{1}{5} \quad -1 \quad -52$
$\frac{5}{9}$	955	$+\frac{4}{19} \quad -2\frac{2}{3} \quad -14$	$\frac{4}{7}1$	774	$-\frac{1}{6} \quad -\frac{11}{10} \quad -\frac{17}{4}2$
$\frac{4}{7}$	744	$+\frac{1}{5} \quad -2\frac{5}{7} \quad -11$	$\frac{5}{8}1$	885	$-\frac{1}{7} \quad -\frac{13}{11} \quad -\frac{29}{5}2$
$\frac{3}{5}$	533	$+\frac{2}{11} \quad -2\frac{4}{5} \quad -8$	$\frac{3}{5}1$	553	$-\frac{2}{13} \quad -\frac{8}{7} \quad -62$
$\frac{2}{3}$	322	$+\frac{1}{7} \quad -21 \quad -5$	$\frac{2}{3}1$	332	$-\frac{1}{8} \quad -\frac{5}{4} \quad -\frac{7}{2}2$
$\frac{3}{4}$	433	$+\frac{1}{10} \quad -2\frac{5}{4} \quad -\frac{7}{2}$	$\frac{3}{4}1$	443	$-\frac{1}{11} \quad -\frac{7}{5} \quad -3.2$

(Tabelle I, Fortsetzung 2.)

Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2	Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2
Gdt. pq	Miller hkl		Gdt. pq	Miller hkl	
$\frac{4}{5}1$	455	$-\frac{1}{14}$ $-\frac{3}{2}$ $-1\frac{1}{4}2$	$\frac{1}{2}\frac{1}{12}$	12.6.1	$+\frac{16}{19}\frac{1}{19}$ $-\frac{19}{17}\frac{1}{17}$ $+\frac{25}{7}\frac{4}{7}$ $-\frac{23}{5}\frac{8}{5}$
$\frac{2}{3}\frac{1}{3}$	213	$+\frac{1}{2}0$ $-\frac{5}{4}\frac{1}{2}$ $-\frac{7}{2}\frac{1}{2}$ 2∞	$\frac{1}{3}\frac{2}{9}$	932	$+\frac{4}{7}\frac{5}{14}$ $+\frac{8}{5}\frac{1}{10}$ $+\frac{17}{8}\frac{1}{4}$ $-\frac{13}{4}\frac{5}{2}$
$\frac{3}{4}\frac{1}{2}$	324	$+\frac{1}{3}0$ $-\frac{7}{5}\frac{4}{5}$ $+31$ -85	$\frac{1}{3}\frac{5}{21}$	21.7.5	$+\frac{6}{11}\frac{4}{11}$ $+\frac{38}{23}\frac{2}{23}$ $+\frac{40}{19}\frac{4}{19}$ $-\frac{10}{3}\frac{83}{3}$
$\frac{3}{5}\frac{1}{5}$	531	$\frac{2}{3}0$ $-\frac{8}{7}\frac{2}{7}$ 40 $+10.4$	$\frac{3}{8}\frac{1}{4}$	832	$+\frac{7}{13}\frac{4}{13}$ $+\frac{5}{3}0$ $+\frac{16}{7}\frac{1}{7}$ $+\frac{11}{3}\frac{10}{3}$
$\frac{1}{2}\frac{1}{4}$	421	$+\frac{4}{7}\frac{1}{7}$ $-\frac{7}{5}\frac{1}{5}$ 30 $+74$	$\frac{2}{5}\frac{1}{5}$	521	$+\frac{5}{8}\frac{1}{4}$ $+\frac{3}{2}0$ $+\frac{5}{2}\frac{1}{4}$ $-4\frac{5}{2}$
$\frac{3}{4}\frac{1}{4}$	314	$-\frac{1}{2}\frac{1}{8}$ $-1\frac{1}{2}$ $-5\frac{1}{2}$ 3∞	$\frac{4}{5}\frac{1}{5}$	541	$-\frac{1}{2}\frac{1}{5}$ $-\frac{7}{8}\frac{1}{2}$ $-\frac{13}{2}\frac{1}{2}$ 4∞
$\frac{2}{3}\frac{1}{2}$	643	$+\frac{14}{13}\frac{1}{13}$ $-\frac{11}{7}\frac{5}{7}$ $-\frac{13}{5}\frac{4}{5}$ -11.8	$\frac{1}{3}\frac{1}{6}$	621	$+\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ $+\frac{10}{7}\frac{1}{7}$ $+\frac{16}{5}\frac{2}{5}$ $+\frac{13}{3}\frac{4}{3}$
$\frac{5}{7}\frac{1}{7}$	751	$-\frac{8}{13}\frac{2}{13}$ $-\frac{10}{11}\frac{4}{11}$ $+60$ $+16.4$	$\frac{1}{4}\frac{1}{6}$	12.3.2	$+\frac{11}{17}\frac{8}{17}$ $+\frac{19}{13}\frac{4}{13}$ $+\frac{20}{11}\frac{5}{11}$ $+\frac{16}{7}\frac{13}{7}$
$\frac{1}{4}\frac{1}{8}$	821	$+\frac{8}{11}\frac{5}{11}$ $+\frac{4}{3}\frac{1}{3}$ $+\frac{13}{7}\frac{4}{7}$ $+\frac{11}{5}\frac{8}{5}$	$\frac{5}{6}\frac{1}{6}$	651	$-\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ $-\frac{4}{5}\frac{1}{2}$ $-8\frac{1}{2}$ $+\frac{15}{4}\infty$
$\frac{2}{5}\frac{3}{10}$	10.4.3	$+\frac{8}{17}\frac{5}{17}$ $-\frac{19}{11}\frac{1}{11}$ $+\frac{7}{3}\frac{3}{0}$ $+54$	$\frac{3}{7}\frac{1}{7}$	731	$+\frac{8}{11}\frac{2}{11}$ $\frac{4}{3}0$ $+\frac{14}{5}\frac{2}{5}$ $+\frac{16}{3}\frac{4}{3}$
$\frac{4}{9}\frac{2}{9}$	942	$+\frac{3}{5}\frac{1}{5}$ $-\frac{16}{11}\frac{1}{11}$ $+\frac{19}{7}\frac{1}{7}$ $+53$	$\frac{2}{7}\frac{1}{7}$	721	$+\frac{7}{10}\frac{2}{5}$ $+\frac{11}{8}\frac{1}{4}$ $+2\frac{1}{2}$ $+\frac{7}{2}\frac{5}{4}$
$\frac{1}{2}\frac{1}{3}$	321	$+\frac{5}{11}\frac{2}{11}$ $-\frac{11}{7}\frac{2}{7}$ $-\frac{13}{5}\frac{1}{5}$ $+10.7$	$\frac{5}{8}\frac{1}{8}$	851	$-\frac{5}{7}\frac{1}{4}$ $-1\frac{1}{4}$ $+\frac{19}{4}\frac{1}{4}$ $+\frac{17}{2}\frac{5}{2}$
$\frac{1}{2}\frac{1}{6}$	316	$+\frac{7}{10}\frac{1}{10}$ $-\frac{5}{4}\frac{1}{8}$ $+\frac{18}{4}\frac{1}{4}$ $-\frac{11}{2}\frac{5}{2}$	$\frac{7}{9}\frac{1}{9}$	971	$-\frac{10}{17}\frac{4}{17}$ $-\frac{4}{5}\frac{2}{5}$ 80 $+22.4$
$\frac{1}{2}\frac{1}{8}$	841	$+\frac{10}{13}\frac{1}{13}$ $-\frac{13}{11}\frac{1}{11}$ $+\frac{17}{5}\frac{2}{5}$ $+52$	$\frac{5}{9}\frac{1}{9}$	519	$+\frac{1}{5}0$ $-\frac{14}{13}\frac{2}{13}$ $-4\frac{2}{5}$ -62
$\frac{1}{2}\frac{1}{10}$	10.5.1	$+\frac{13}{16}\frac{1}{16}$ $-\frac{8}{7}\frac{1}{14}$ $+\frac{7}{2}\frac{1}{2}$ $+\frac{19}{4}\frac{7}{4}$	$\frac{3}{5}\frac{1}{10}$	10.6.1	$-\frac{13}{17}\frac{1}{17}$ $-1\frac{1}{5}$ $+\frac{23}{5}\frac{2}{5}$ $+7.2$

(Tabelle I, Fortsetzung 3.)

Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2	Symbol		Oktaedrisches Symbol O_2
Gdt. p q	Miller h k l		Gdt. p q	Miller h k l	
$\frac{10}{11}\frac{1}{11}$	10.1.11	$-\frac{1}{2}\frac{4}{11}$ $-\frac{13}{20}\frac{1}{2}$ $-\frac{32}{2}\frac{1}{2}$ 10∞	$\frac{3}{8}\frac{3}{16}$	16.6.3	$+\frac{16}{25}\frac{7}{25}$ $+\frac{28}{19}\frac{1}{19}$ $+\frac{31}{13}\frac{4}{13}$ $+\frac{25}{7}\frac{15}{7}$
$\frac{6}{11}\frac{1}{11}$	11.6.1	$+\frac{30}{6}$ $-\frac{17}{16}\frac{1}{8}$ $+4\frac{1}{2}$ $+\frac{11}{4}\frac{7}{4}$	$\frac{5}{11}\frac{3}{11}$	11.5.3	$+\frac{19}{19}\frac{4}{19}$ $\frac{20}{13}\frac{2}{13}$ $+\frac{80}{3}$ $+64$
$\frac{5}{9}\frac{1}{18}$	18.10.1	$-\frac{25}{29}\frac{1}{29}$ $-1\frac{1}{9}$ $+\frac{13}{3}\frac{2}{3}$ $+\frac{37}{7}\frac{19}{7}$	$\frac{7}{13}\frac{3}{13}$	13.7.3	$+\frac{14}{23}\frac{2}{23}$ $-\frac{22}{17}\frac{4}{17}$ $+\frac{7}{19}0$ $+84$
$\frac{5}{6}\frac{2}{3}$	654	$+\frac{1}{5}0$ $-\frac{11}{7}\frac{8}{7}$ $-\frac{13}{5}\frac{7}{5}$ -43	$\frac{7}{10}\frac{3}{20}$	20.14.3	$-\frac{23}{57}\frac{5}{37}$ $-\frac{23}{31}\frac{11}{31}$ $+\frac{170}{3}$ $+15.4$
$\frac{8}{9}\frac{2}{3}$	986	$-\frac{4}{23}\frac{1}{23}$ $-\frac{16}{11}\frac{13}{11}$ $-\frac{20}{7}\frac{11}{7}$ $-\frac{19}{5}\frac{13}{5}$	$\frac{11}{14}\frac{5}{7}$	14.11.10	$+\frac{5}{35}\frac{2}{35}$ $\frac{26}{35}$ $-\frac{17}{13}\frac{17}{13}$ $-\frac{26}{7}\frac{23}{7}$
$\frac{2}{3}\frac{2}{9}$	962	$-\frac{10}{17}\frac{1}{17}$ $-\frac{14}{13}\frac{5}{13}$ $-\frac{22}{5}\frac{1}{5}$ $+19.7$	$\frac{7}{9}\frac{5}{9}$	759	$+\frac{20}{7}$ $-\frac{26}{9}\frac{8}{9}$ $-\frac{29}{7}\frac{8}{7}$ $-\frac{16}{11}\frac{10}{11}$
$\frac{4}{5}\frac{3}{5}$	543	$+\frac{10}{4}$ $-\frac{31}{2}$ $-\frac{9}{4}\frac{3}{2}$ $-57\frac{7}{2}$	$\frac{5}{9}\frac{5}{18}$	18.10.5	$+\frac{6}{11}\frac{1}{11}$ $-\frac{31}{23}\frac{7}{23}$ $-\frac{41}{13}\frac{2}{13}$ $+11.6$
$\frac{4}{5}\frac{7}{10}$	10.8.7	$+\frac{4}{25}\frac{1}{25}$ $-\frac{19}{11}\frac{13}{11}$ $-\frac{7}{3}\frac{4}{3}$ $+\frac{19}{5}\frac{16}{5}$	$\frac{7}{12}\frac{5}{12}$	12.7.5	$+\frac{3}{8}\frac{1}{8}$ $-\frac{11}{7}\frac{1}{2}$ $-\frac{13}{5}\frac{1}{2}$ $\frac{21}{2}\infty$
$\frac{3}{5}\frac{2}{5}$	532	$+\frac{2}{5}\frac{1}{10}$ $-\frac{8}{2}\frac{1}{2}$ $-\frac{11}{4}\frac{1}{2}$ 9∞	$\frac{7}{13}\frac{5}{13}$	13.7.5	$+\frac{19}{25}\frac{4}{25}$ $-\frac{8}{5}\frac{2}{5}$ $-\frac{28}{11}\frac{1}{11}$ $+22.16$
$\frac{3}{7}\frac{2}{7}$	732	$+\frac{7}{12}\frac{1}{3}$ $-\frac{13}{8}\frac{1}{8}$ $+50$ $+\frac{112}{2}$	$\frac{9}{13}\frac{6}{13}$	13.9.6	$+\frac{10}{28}\frac{1}{28}$ $-\frac{23}{16}\frac{11}{16}$ $-\frac{29}{10}\frac{8}{10}$ $-\frac{258}{2}$
$\frac{4}{7}\frac{2}{7}$	742	$+\frac{7}{13}\frac{1}{13}$ $-\frac{4}{3}\frac{1}{3}$ $-\frac{16}{5}\frac{1}{5}$ $+13.7$	$\frac{7}{11}\frac{7}{22}$	22.14.7	$+\frac{23}{43}$ $-\frac{37}{29}\frac{13}{29}$ $-\frac{17}{5}\frac{2}{5}$ $+43.22$
$\frac{2}{5}\frac{2}{15}$	15.6.2	$+\frac{17}{23}\frac{5}{23}$ $+\frac{25}{19}\frac{1}{19}$ $+\frac{20}{11}\frac{5}{11}$ $+\frac{25}{7}\frac{13}{7}$	$\frac{11}{15}\frac{7}{15}$	11.7.15	$+\frac{120}{53}$ $-\frac{26}{19}\frac{14}{19}$ $-\frac{34}{14}\frac{10}{11}$ -10.6
$\frac{5}{11}\frac{2}{11}$	11.5.2	$+\frac{2}{3}\frac{1}{6}$ $-\frac{12}{14}\frac{1}{14}$ $+\frac{23}{8}\frac{1}{4}$ $+\frac{19}{4}\frac{5}{2}$			
$\frac{6}{25}\frac{2}{25}$	25.6.2	$+\frac{9}{11}\frac{5}{11}$ $+\frac{35}{29}\frac{11}{29}$ $+\frac{39}{21}\frac{5}{7}$ $+\frac{35}{17}\frac{23}{17}$			
$\frac{5}{7}\frac{3}{7}$	537	$+\frac{3}{5}0$ $-\frac{4}{3}\frac{3}{3}$ $-\frac{16}{5}\frac{4}{5}$ -14.8			

Tabelle II. Formen der Zinkblende mit Quellenangabe. Hexaedrisches und oktaedrisches Symbol.

No.	Buchstabe	Gdt.	Miller	Oktaedrisches Symbol O_2	Vorzeichen	Autor
1	c	0	001	1		Allgemein.
2	$\mathfrak{b}$	$\frac{1}{8}0$	108	$+1\frac{2}{3}$ $+\frac{10}{7}1$		Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 502.
3	$\mathfrak{F}$	$\frac{1}{4}0$	104	$+1\frac{2}{5}$ $+21$		Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 502.
4	γ?	$\frac{2}{5}0$	205	$+1\frac{1}{7}$ $+31$		Lacroix, Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534.
5	β?	$\frac{5}{12}0$	5.0.12	$+1\frac{2}{17}$ $+\frac{22}{7}1$		Lacroix, Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534.
6	e	$\frac{1}{2}0$	102	10 $+41$		Groth, Straßburger Sammlung. 1879. 27.
7	b	$\frac{2}{3}0$	203	$-\frac{4}{5}\frac{1}{5}$ $+71$		Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 501.
8	χ	$\frac{7}{9}0$	709	$-\frac{11}{16}\frac{5}{16}$ $+\frac{23}{2}1$		Lacroix, Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534.
9	i?	$\frac{4}{5}0$	405	$-\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ $+13.1$		Lacroix, Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534.
10	d	10	101	$-\frac{1}{2}$ $\infty 0$		Allgemein.
11	ρ?	$\frac{1}{12}$	1.1.12	$+\frac{11}{14}$ $\frac{5}{4}\frac{3}{4}$ $+\frac{13}{10}$	+	Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1869. **21**. 637.
12	Λ?	$\frac{2}{17}$	2.2.17	$+\frac{5}{7}$ $\frac{23}{17}\frac{11}{17}$ $+\frac{19}{13}$		Hintze, Handbuch der Mineralogie. 1900. I. 550.
13	z	$\frac{1}{8}$	118	$+\frac{7}{10}$ $\frac{11}{8}\frac{5}{8}$ $+\frac{3}{2}$	−	Artini, R. Instit. Lombardo. 1897. Ser. 2. **5**. 30
14	r	$\frac{1}{6}$	116	$+\frac{5}{8}$ $\frac{3}{2}\frac{1}{2}$ $+\frac{7}{4}$	±	Groth, Straßburger Sammlung. 1879. 29.
15	l	$\frac{1}{5}$	115	$+\frac{4}{7}$ $\frac{8}{5}\frac{2}{5}$ $+2$	±	Quenstedt, Mineralogie. 1863. 687.
16	Q?	$\frac{2}{9}$	229	$+\frac{7}{13}$ $\frac{5}{3}\frac{1}{3}$ $+\frac{11}{5}$	?	Laspeyres und Kayser. Zeitschr. f. Krist. 1897. **27**. 55.
17	k	$\frac{1}{4}$	114	$+\frac{1}{2}$ $\frac{7}{4}\frac{1}{4}$ $+\frac{5}{2}$	±	Groth, Straßb. Samml. 1879. 29. – Hessenberg, Gesammelte Schriften. 1864. **5**. 239.
18	λ	$\frac{2}{7}$	227	$+\frac{5}{11}$ $\frac{13}{7}\frac{1}{7}$ $+3$	±	Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges.? (nach Becke).

(Tabelle II, Fortsetzung 1.)

No.	Buchstabe	Gdt.	Miller	Oktaedrisches Symbol O_2			Vorzeichen	Autor
19	m m·	$\frac{1}{3}$	113	$+\frac{2}{5}$	20	$+4$	$\pm$	Klein, Dies. Jahrb. 1871. 429.
20	M·	$\frac{3}{8}$	338	$+\frac{5}{14}$	$-\frac{16}{8}\frac{1}{8}$	$+\frac{1}{2}$	$-$	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 517.
21	o o·	$\frac{2}{5}$	225	$+\frac{1}{3}$	$-2\frac{1}{5}$	$+7$	$\pm$	Allgemein.
22	N·	$\frac{3}{7}$	337	$+\frac{4}{13}$	$-2\frac{2}{7}$	$+10.10$	$-$	Luedecke, Mineralogie des Harzes. Berlin 1896. p. 58.
23	$\varrho\varrho$·	$\frac{4}{9}$	449	$+\frac{5}{17}$	$-2\frac{1}{3}$	$+13.13$	$\pm$	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 515.
24	q q·	$\frac{1}{2}$	112	$+\frac{1}{4}$	$-2\frac{1}{2}$	∞	$\pm$	Allgemein.
25	A·?	$\frac{4}{7}$	447	$+\frac{1}{5}$	$-2\frac{5}{7}$	-11	$-$	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 501.
26	n·	$\frac{2}{3}$	223	$+\frac{1}{7}$	-21	-5	$-$	Laspeyres und Kayser, Zeitschr. f. Krist. 1897. **27**. 54.
27	p p·	1	111	0	-2		$\pm$	Allgemein.
28	ϑ·	$1\frac{1}{10}$	10 . 1 . 10	$-\frac{3}{7}$	$-\frac{11}{19}$	38.11	$-$	Franzenau, Dissert. Budapest. 1894. Ref. in Zeitschr. f. Krist. 1897. **27**. 94.
29	W·?	$1\frac{1}{8}$	818	$-\frac{7}{17}$	$-\frac{3}{5}$	-23.2	$-$	Lacroix, Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534.
30	$\mathfrak{G}$·?	$1\frac{2}{15}$	15 . 2 . 15	$-\frac{13}{32}$	$-\frac{17}{28}$	$-\frac{43}{2}2$	$-$	Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1878. **30**. 578.
31	v v·	$1\frac{1}{3}$	313	$-\frac{2}{7}$	$-\frac{4}{5}$	-8.2	$\pm$	Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1869. **21**. 624.
32	ι·	$1\frac{3}{8}$	838	$-\frac{5}{19}$	$-\frac{11}{13}$	-7.2	$\pm$	Lacroix, Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534.
33	φ·	$1\frac{2}{5}$	525	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{7}{8}$	$-\frac{13}{2}2$	$-$	Lacroix, Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534.

(Tabelle II, Fortsetzung 2.)

No.	Buchstabe	Gdt.	Miller	Oktaedrisches Symbol O_2	Vorzeichen	Autor
34	u	$1\frac{1}{2}$	212	$\frac{1}{5}$ — 1 — 52	—	Sadebeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1869. **21**. 621.
35	Φ	$1\frac{5}{8}$	858	$-\frac{1}{7}$ — $1\frac{3}{11}$ — $2\frac{9}{5}2$	—	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 514.
36	P	$1\frac{3}{5}$	535	$-\frac{2}{13}$ — $\frac{8}{7}$ — 42	—	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 514.
37	ψ	$1\frac{5}{7}$	757	$-\frac{2}{19}$ — $\frac{4}{3}$ — $1\frac{6}{5}2$	?	Hobbs, Zeitschr. f. Krist. 1896. **25**. 268.
38	ξ	$1\frac{4}{5}$	545	$-\frac{1}{14}$ — $\frac{3}{2}$ — $1\frac{1}{4}2$	—	Flink, Bih. t. Sv. Vet. Akad. Handl. 1887. **13**. **2**. 7.
39	z	$\frac{2}{3}\frac{1}{3}$	213	$\frac{1}{2}0$ — $\frac{5}{4}\frac{1}{2}$ — $\frac{7}{2}\frac{1}{2}$ 2∞	—	Groth, Straßburger Sammlung. 1879. 28.
40	w	$\frac{3}{4}\frac{1}{4}$	314	$-\frac{1}{2}\frac{1}{8}$ — $1\frac{1}{2}$ — $5\frac{1}{2}$ 3∞	—	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 511.
41	H	$\frac{1}{2}\frac{1}{6}$	316	$+\frac{7}{10}\frac{1}{10}$ — $\frac{5}{4}\frac{1}{8}$ + $\frac{13}{4}\frac{1}{4}$ — $\frac{11}{2}\frac{5}{2}$	—	Cesaro, Zeitschr. f. Krist. 1896. **25**. 319.
42	$\mathfrak{B}$?	$\frac{10}{11}\frac{1}{11}$	10.1.11	$-\frac{1}{2}\frac{4}{11}$ — $\frac{13}{20}\frac{1}{2}$ — $\frac{31}{2}\frac{1}{2}$ 10∞	—	Groth, Straßburger Sammlung. 1879. 28.
43	$\mathfrak{C}$	$\frac{5}{9}\frac{1}{9}$	519	$\frac{4}{5}0$ — $\frac{14}{13}\frac{2}{13}$ — $4\frac{2}{5}$ — 62	+	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 503.
44	$\mathfrak{D}$	$\frac{7}{9}\frac{5}{9}$	759	$\frac{2}{7}0$ — $\frac{20}{7}\frac{8}{7}$ — $\frac{16}{11}\frac{10}{11}$ — 64	—	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 514.
45	y	$\frac{3}{4}\frac{1}{2}$	324	$\frac{1}{3}0$ — $\frac{7}{5}\frac{4}{5}$ — 31 — 85	—	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 514.
46	$\mathfrak{E}$?	$\frac{11}{15}\frac{7}{15}$	11.7.15	$\frac{4}{11}0$ — $\frac{26}{19}\frac{14}{19}$ — $\frac{34}{11}\frac{10}{11}$ — 10.6	—	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 514.
47	$\mathfrak{F}$	$\frac{5}{7}\frac{3}{7}$	537	$\frac{2}{5}0$ — $\frac{4}{2}\frac{2}{3}$ — $1\frac{6}{5}\frac{4}{5}$ — 14.8	—	Becke, Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 514.
48	ω	$\frac{3}{4}\frac{1}{8}$	618	$-\frac{3}{5}\frac{1}{3}$ — $\frac{11}{13}\frac{5}{13}$ + 70 — 19.4	±?	Cesaro, Bull. Soc. Géol. Belgique. 1890. **17**. 237.

V. Goldschmidt und dessen „Winkeltabelle“ entnommen, für die neu hinzugekommenen Formen, soweit dies ohne Wiederholung möglich war, dem Handbuch der Mineralogie von Hintze. Die +- und —-Formen wurden in der Bezeichnung in der Weise unterschieden, daß zu dem Buchstaben für die —-Form ein Punkt gesetzt wurde, z. B. $p = +1$, $p' = -1$. Die Unterscheidung der +- und —-Formen wurde Hintze's Handbuch der Mineralogie entlehnt und aus der Literatur ergänzt, soweit Angaben darüber zu finden waren. Wo das Vorzeichen nicht bestimmt ist, wurde in der Kolumne „Vorzeichen“ ein „?“, der Buchstabe ohne Punkt gesetzt. Die nach der Diskussion als nicht gesichert anzusehenden Formen wurden in die Kolumne „Buchstabe“ der Tabelle II mit einem Fragezeichen aufgenommen.

Diskussion der Reihen.

Wir wollen im folgenden das Formensystem der Zinkblende in bezug auf die einzelnen Zonen in der ungefähren Reihenfolge ihres Reichtums an Flächenpunkten diskutieren. Die bei der Diskussion verwandten Symbole sind die hexaedrischen, d. h. die zur Projektion auf eine Hexaederfläche gehörigen, die normalen.

1. Zone p'cp'. Zonenformel: $p = q$.

Diese Zone ist die wichtigste im Formensystem der Blende. Sie ist symmetrisch in den beiden Teilen von p' nach c aufgebaut; c ist Dominante. Es genügt für unsere Diskussion, die ganze Zone p'cp' in die beiden Zonenstücke p'c und cp' zu spalten und eine dieser Hälften zu diskutieren.

Buchst.:	p'	n'	A'	q'	s'	N'	o'	M'	m'	λ'	k'	Q'	l'	r'	z'	Δ'	c	
$-p =$	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{17}$	0	
$\frac{p}{1-p} =$	∞	2	$\frac{4}{3}$	1	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{3}{15}$	0	
$v-1$[1] $=$	∞	1	$\frac{1}{3}$	0	∞	4	3	2	$\frac{3}{2}$	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{13}$	0	$= \frac{v}{1-v}$
$v-1 =$				∞	3	2	1	$\frac{1}{2}$	0	∞	2	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{11}$	0	$= \frac{v}{1-v}$
$v-1 =$						∞	1	0	∞	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{9}$	0	$= \frac{v}{1-v}$		
									∞	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{9}$	0	$= 2v$		

[1] Es bedeutet v bei diesen Transformationen hier und im folgenden jedesmal die Glieder der vorhergehenden Reihe (vergl. Zeitschr. f. Krist. 1897. 28. 24. Fußnote).

Als Rangordnung der Hauptflächen in diesem Zonenstück ergibt sich aus der Reihenfolge, in der die Dominanten (1) sich ausscheiden, die folgende.

Buchstabe:	p·	c	q·	m·	k·	o·	n·	λ·	r·
Symbol:	-1	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{2}{5}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{7}$	$-\frac{1}{6}$

Die Formen $-\frac{2}{3}$ und $-\frac{1}{6}$, für die das Vorzeichen nicht gesichert ist, passen gut in die Reihe, was für sie das $-$-Vorzeichen wahrscheinlich macht.

Dagegen sind auffallend die Formen $-\frac{4}{7}$, $-\frac{2}{9}$ und $-\frac{2}{17}$.

In bezug auf diese fand sich in der Literatur folgendes:

Die Form $-\frac{4}{7}$ gibt Becke in seinem Formenverzeichnis als an Kristallen von Kapnik beobachtet an, doch sind nähere Angaben im Text unter Kristallen von Kapnik nicht zu finden.

Die Form $-\frac{2}{17}$ führt Hintze (Handbuch d. Mineralogie. **1**. 550) im Formenverzeichnis an, doch konnte die Stelle in der Literatur mit näherer Angabe der Messung nicht gefunden werden.

Die Form $-\frac{2}{9}$ (Laspeyres u. Kayser, Zeitschr. f. Krist. 1897. **27**. 55) ist ohne Messung und mit der Bemerkung angegeben, daß die Bestimmung nur als angenähert zu bezeichnen ist. Die Form ist nicht gesichert.

2. Zone pcp. Zonenformel: $p = q$.

Auch in diesem Zonenstück ist c Dominante. Wir wollen auch hier in c spalten und das Stück cp betrachten.

Buchst.:	p	n	q	m	λ	k	r	ν	c	
$p =$	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	0	
$\frac{p}{1-p} =$	∞	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{11}$	0	
$v-1 =$	∞	1	0	∞	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{10}$	$0 = \frac{v}{1-v}$
				∞	2	$\frac{4}{3}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$0 = 2v$

Als Rangordnung der Hauptflächen in diesem Zonenstück ergibt sich folgende.

Buchstabe:	p	c	q	k	n
Symbol:	1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{3}$

Auffallend sind nach den Zahlen die Formen $\frac{2}{7}$ und $\frac{1}{12}$.

Die Form $\frac{2}{7}$ findet sich bei Sadebeck (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1878. **30**. 579), bei Klein (dies. Jahrb. 1872. p. 898), bei Becke (Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 509) und bei Lacroix (Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534, 535).

Becke gibt dort eine Diskussion in bezug auf das Vorzeichen. Seine eigene Form bezeichnet er mit „?“. Von Klein's $-\frac{7}{2}0\frac{7}{2}$ vermutet er, daß es unter die $+$-Formen zu stellen sei, dagegen ordnet er Sadebeck's $\frac{2}{7}$o unter die $-$-Formen (Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 521, 522). Das Vorzeichen ist danach nicht gesichert.

Die Diskussion der Zahlen macht $-\frac{2}{7}$ wahrscheinlich, $+\frac{2}{7}$ unwahrscheinlich. Nimmt man also $-\frac{2}{7}$ als gesichert an, so bedarf $+\frac{2}{7}$ noch der Bestätigung.

Die Form $\frac{1}{12}$ ist von Sadebeck angegeben (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1889. **21**. 637) mit einem Winkel von 48° 01′ gegen das Oktaeder. In der Zone p c weist Sadebeck zugleich auf die Ähnlichkeit der Winkel in Zone p d p hin, wodurch leicht Verwechslung entstehen könne. In dieser Zone ist der Winkel von $v = \frac{1}{3}1 : p = 1 = 48° 32'$. Solche Vertauschung der Zonen ist besonders leicht möglich bei versteckter Zwillingsbildung, wie sie bei der Blende häufig ist. Auch hat man oft Influenzierung der Flächenorte durch diese Zwillingsbildung. Es ist daher zu vermuten, Sadebeck's $\frac{1}{12}$ sei hier keine freie Form oder an ihre Stelle $v = \frac{1}{3}1$ (331) zu setzen.

Jedenfalls bedarf das Symbol $\frac{1}{12}$ (1 . 1 . 12) der Bestätigung.

Lacroix gibt $+\frac{1}{12}$ ohne Messung.

Auch diese Angabe kann zur Sicherung einer zweifelhaften Form nicht genügen.

3. Zone p′ p. Zonenformel: q = konstant = 1.

Buchst.:	p	v	d	W′	$\mathfrak{G}'$	v′	r′	φ'	u′	P′	Φ'	ψ'	ξ'	p′	
p q =	11	$\frac{1}{3}1$	01	$\frac{1}{8}1$	$\frac{3}{15}1$	$\frac{1}{3}1$	$\frac{3}{8}1$	$\frac{2}{5}1$	$\frac{1}{2}1$	$\frac{3}{5}1$	$\frac{5}{8}1$	$\frac{5}{7}1$	$\frac{4}{5}1$	$\infty 1$	
p =	1	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{4}{5}$	1	
$\frac{1-p}{1+p}$ =	∞	2	1	$\frac{7}{9}$	$\frac{13}{17}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{9}$	0	
v − 1 =	∞	1	0 ∞	$\frac{7}{2}$	$\frac{13}{4}$	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	0	= $\frac{v}{v-1}$
			∞ 7	$\frac{13}{2}$	2	$\frac{5}{3}$	$\frac{3}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{4}$	0	= 2 v	
			∞ 6	$\frac{11}{2}$	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	0 ∞	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{8}$	0	= $\frac{v}{1-v}$	

Als Rangordnung der Hauptformen in dieser Zone ergibt sich folgende:

Buchstabe:	p′	p	d	u′	v′	v
Symbol:	−1	+1	01	$-\frac{1}{2}1$	$-\frac{1}{3}1$	$+\frac{1}{3}1$

Auffallend sind nach den Zahlen die Formen $-\frac{1}{8}1$ und $-\frac{2}{15}1$, die bei der Spaltung und Diskussion zu komplizierten Zahlen führen.

Zu erwarten wäre $-\frac{2}{3}1$, das in dem Zonenstück u′ p′ Dominante würde.

Die Form $-\frac{1}{8}1$ ist von Lacroix (Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534), aber ohne Messung als feine Streifung angegeben. Die Form bedarf der Bestätigung.

Die Form $-\frac{2}{15}1$ ist von Sadebeck (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1878. **30**. 578) gegeben. Messung und Reflex stimmen gut; doch dürfte die Form als Vizinale zum Dodekaeder anzusehen sein. Becke nennt die Form — (Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 522), Sadebeck nennt sie +.

4. Zone d q d. Zonenformel: p + q = 1.

Buchst.:	d	$\mathfrak{B}'$	w′	x′	q′	x′	w′	$\mathfrak{B}'$	d	q	d	
p q =	01	$\frac{1}{11}\frac{10}{11}$	$\frac{1}{4}\frac{3}{4}$	$\frac{1}{3}\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}\frac{1}{3}$	$\frac{3}{4}\frac{1}{4}$	$\frac{10}{11}\frac{1}{11}$	10	$2\bar{1}$	$\infty\,\bar{\infty}$	
p =	0	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{10}{11}$	1	2	∞	
$\frac{v}{1-v}$ =	0	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	10	∞ 0	1	∞	= v − 1

Als Rangordnung der Hauptformen der Zone ergibt sich folgende:

Buchstabe:	d	q'	q
Symbol:	01	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$

Auffallend ist nach den Zahlen die Form $-\frac{1}{11}\frac{1}{11}$. Sie wird von Groth (Mineraliensammlung der Universität Straßburg. 1878. p. 27) auf Grund einer Schimmermessung angegeben. Die Flächen, gerundet, gestatten Einstellung nur auf 1—2° genau. Die Form kann nicht als gesichert gelten.

5. Zone p' e d. Zonenformel: $-p + 2q = 1$.

Buchst.:	p'	.	$\mathfrak{D}'$	y'	$\mathfrak{E}'$	.	$\mathfrak{F}'$	x'	e	m	d
p q =	−11	$(\frac{3}{5}\frac{4}{5})$	$\frac{5}{9}\frac{7}{9}$	$\frac{1}{2}\frac{3}{4}$	$\frac{7}{15}\frac{11}{15}$	$(\frac{5}{11}\frac{8}{11})$	$\frac{3}{7}\frac{5}{7}$	$\frac{1}{3}\frac{2}{3}$	$0\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}\frac{1}{3}$	10
q =	1	$(\frac{4}{5})$	$\frac{7}{9}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{11}{15}$	$(\frac{8}{11})$	$\frac{5}{7}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	0
$\frac{q}{1-q}$ =	∞	(4)	$\frac{7}{2}$	3	$\frac{11}{4}$	$(\frac{8}{3})$	$\frac{5}{2}$	2	1	$\frac{1}{2}$	0
v − 1 =	∞	(3)	$\frac{5}{2}$	2	$\frac{7}{4}$	$(\frac{5}{3})$	$\frac{3}{2}$	1	0|∞	1	0 = $\frac{v}{1-v}$
v − 1 =	∞	(2)	$\frac{3}{2}$	1	$\frac{3}{4}$	$(\frac{2}{3})$	$\frac{1}{2}$	0			

Als Rangordnung der Hauptformen in diesem Zonenstück ergibt sich folgende:

Buchstabe:	p'	d	e	m	x'	y'
Symbol:	−11	01	$0\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{2}\frac{3}{4}$

Auffallend ist die Form $-\frac{7}{15}\frac{11}{15}$. Sie ist von Becke (Min. u. petr. Mitt. 1883. 5. 514—16) angegeben als gut meßbarer Reflex, in einem Lichtbogen, der unserer Zone 5 entspricht.

Die zugehörigen Messungen nach Beobachtungen an mehreren Kristallen ergaben

gemessen E' : p' =	berechnet
16° 06′	$-\frac{9}{15}\frac{11}{15} : -1 = 16°\,32'$
16 09	$-\frac{5}{8}\frac{8}{11} : -1 = 17\ 00$
16 06	
16 34	
16 41	

Becke betrachtet das Symbol $-\frac{7}{15}\frac{11}{15}$ als gesichert, doch ist nicht unwahrscheinlich, daß daneben $-\frac{5}{11}\frac{8}{11}$ besteht.

Becke gibt ferner (Min. u. petr. Mitt. 1883. 5. 514) einen ziemlich lichtstarken Reflex σ_0, für den er aber kein Symbol aufstellte. Er gibt dafür die Messung

$$\sigma_0 : p' = 12° 10'.$$

Dieser liegt nahe eine Fläche $-\frac{3}{5}\frac{4}{5} : -1 = 11° 32'$.

Die Form ist durch Becke's Messung, wenn auch nicht gesichert, so doch einigermaßen wahrscheinlich gemacht. Wir fügten diese beide Formen in ( ) in die diskutierte Reihe ein ($-\frac{3}{5}\frac{4}{5}$ und $-\frac{5}{11}\frac{8}{11}$) und erhielten so ein besonders reich und schön gegliedertes Zonenstück. Es ist zu hoffen, daß spätere Beobachtungen die Bestätigung und Abklärung bringen werden.

6. Zone d d. Zonenformel: $p - q = 1$.

Buchst.:	d	x·	q·	x·	w·	$\mathfrak{B}$·	d	q	d
p q =	∞	$\bar{3}2$	$\bar{2}1$	$\frac{\bar{3}}{2}\frac{1}{2}$	$\frac{\bar{4}}{3}\frac{1}{3}$	$\frac{\bar{1}\bar{1}}{1\,0}\frac{1}{1\,0}$	$\bar{1}0$	$\frac{1}{2}\frac{1}{2}$	01
p =	∞	3	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1\,1}{1\,0}$	1	$\frac{1}{2}$	0
1 − p =	∞	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{1\,0}$	$0\|\infty$	1	0 = $\frac{v}{1-v}$

Als Rangordnung ergibt sich für die Hauptformen in diesem Zonenstück folgende:

Buchstabe:	d	q·	q
Symbol:	01	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$

Auffallend ist nach den Zahlen die Form $-\frac{1}{1\,1}\frac{1\,0}{1\,1}$. Von dieser war bereits oben bei Zone 4 die Rede.

7. Zone c x· m·. Zonenformel: $q = 3p$.

Buchst.:	c	H·	w·	v·	x·	m·
p q =	0	$\frac{\bar{1}}{0}\frac{1}{2}$	$\frac{\bar{1}}{4}\frac{3}{4}$	$\frac{1}{3}1$	$\frac{\bar{1}}{2}\frac{3}{2}$	13
p =	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1
$\frac{p}{1-p}$ =	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	∞
$\frac{v}{1-v}$ =	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	∞	
2 v =	0	$\frac{1}{2}$	1	2	∞	= Normalreihe N_2.

Als Rangordnung der Hauptformen dieses Zonenstückes ergibt sich folgende:

Buchstabe:	c	m·	x·	w·
Symbol:	0	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2}\frac{3}{2}$	$-\frac{1}{4}\frac{3}{4}$

8. Zone q q· c. Zonenformel: p = konstant $= \frac{1}{2}$.

Buchst.:	q	c	H·	q·	y·	n·	x·	c·
p q =	$\frac{1}{2}\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}0$	$\frac{\bar{1}}{2}\frac{1}{6}$	$\frac{\bar{1}}{2}\frac{1}{2}$	$\frac{\bar{1}}{2}\frac{3}{4}$	$\frac{\bar{1}}{2}1$	$\frac{\bar{1}}{2}\frac{3}{2}$	0∞
q =	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$\frac{3}{2}$	∞
2 q =	1	0	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{3}{2}$	2	3	∞
$\frac{1+v}{1-v}$ =	∞	1	2	$0\|0$	$\frac{1}{2}$	1	2	∞ = $\frac{v}{1-v}$ = Normalreihe N_2.

Als Rangordnung für die Hauptformen dieses Zonenstückes ergibt sich:

Buchstabe:	q	c	q·	n·	e
Symbol:	$+\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\bar{1}}{2}1$	$0\frac{1}{2}$

9. Zone p e d. Zonenformel: $p + 2q = 1$.

Buchst.:	p	$\mathfrak{C}$	e	m·	d
p q =	11	$\frac{5}{9}\frac{1}{9}$	$0\frac{1}{2}$	$\frac{\bar{1}}{3}\frac{1}{3}$	10
q =	1	$\frac{5}{9}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	0
$\frac{q}{1-q}$ =	0	$\frac{5}{4}$	1	$\frac{1}{2}$	∞

Als Rangordnung für die Hauptformen in diesem Zonenstück ergibt sich folgende:

Buchstabe:	p	d	e
Symbol:	$+1$	01	$0\frac{1}{2}$

Auffallend erscheint nach den Zahlen die Form $+\frac{5}{9}\frac{1}{9}$. Diese ist den Zonen p c d und p' e d gemeinsam. Nach der Diskussion in der Zone p' e d ist diese Form gesichert.

10. Zone c e d. Zonenformel: p = konstant = 0.

Buchst.:	c	$\mathfrak{b}$	$\mathfrak{F}$	?	?	e	b	?	d
$pq =$	0	$0\frac{1}{8}$	$0\frac{1}{4}$	$0\frac{2}{5}$	$0\frac{5}{12}$	$0\frac{1}{2}$	$0\frac{2}{3}$	$0\frac{4}{5}$	01
$q =$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{5}$	1
$\frac{q}{1-q} =$	0	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{7}$	1	2	4	∞

Von den Formen sind $0\frac{2}{5}$, $0\frac{5}{12}$, $0\frac{4}{5}$ nur von Lacroix angegeben (Bull. soc. franç. Min. 1897. **2**. 534) vom Lac de Laffrey, jedoch ohne Messung noch sonst näher begründende Angaben. Sie bedürfen der Bestätigung, bevor sie als gesichert gelten können. Sie wurden als „?" bezeichnet, $\mathfrak{b} = 0\frac{1}{8}$ ist auffallend. Es findet sich bei Becke (Min. u. petr. Mitt. 1883. **5**. 502) in oscillatorischer Kombination mit $c = 0$ und $\mathfrak{F} = 0\frac{1}{4}$.

Als Rangordnung für die Hauptformen in diesem Zonenstück ergibt sich folgende:

Buchstabe:	c	d	e
Symbol:	0	01	$0\frac{1}{2}$

Rangordnung der Hauptformen (Hauptknoten).

Zur Charakterisierung einer Kristallart gehört wesentlich die Auffindung der Rangordnung der Hauptformen (Hauptknoten). Diese kann auf verschiedene Weise hergeleitet werden. Zunächst aus dem Gesamtbilde der Formen nebst Diskussion der Zahlenreihen; dann aus den Ätz- und Lösungsversuchen, ferner aus den Spaltflächen und sonstigen Strukturflächen.

Aus dem Gesamtbild der Formen Taf. XVIII Fig. 1 lassen sich die Hauptknoten unmittelbar ablesen. Es sind die Punkte, von denen die Hauptzonen ausstrahlen und die von Höfen umgeben sind. Wir erkennen im Gesamtbild folgende Hauptknoten, dem Rang nach absteigend geordnet.

Buchstabe:	p'	c	p	d	q'	q	e	u	u'	m	x'
Symbol:	-1	0	$+1$	01	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$0\frac{1}{2}$	$-1\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}\frac{2}{3}$

Alle anderen stehen an Wichtigkeit zurück. Diese Hauptknoten bilden deutlich 3 Gruppen:

$$p'\,c\,p\,d \qquad q'\,q\,e\,u' \qquad m'\,m\,x'.$$

Die erste Gruppe hat die Symbolzahlen 0 und 1; in der zweiten tritt $\frac{1}{2}$ hinzu, in der dritten $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, was dem Gesetz der Komplikation entspricht.

Die Diskussion der Zahlen in den Hauptzonen läßt die gleiche Rangordnung erkennen.

Aus den Ätz- und Lösungsversuchen (s. unten) ergeben sich als Hauptknoten

$$p\,p' \qquad c\,d,$$

alle anderen Formen als untergeordnet. Die Rangordnung unter diesen wechselt mit dem Lösungsmittel. Die vorliegenden Untersuchungen haben ergeben

bei Ätzung mit Salzsäure:	$p > c$	($p'\,d$ fehlen),
„ „ „ Salpetersäure:	$p > c > d$	(p' fehlt),
„ „ „ Ätzkali:	$p' > p > d$	(c „).

Als Strukturflächen sind an der Blende folgende drei Formen bekannt: das Oktaeder, das Dodekaeder und die Fläche $u' = -\frac{1}{2}1$. Unter ihnen nimmt $d = 01$ als sehr vollkommene Spaltfläche den ersten Rang ein. Außer der Gleitfläche $u' = -\frac{1}{2}1$ [1] gibt Mügge noch das Oktaeder als Strukturfläche: „Die als Zwillingsfläche fungierende Oktaederfläche tritt aber ebenfalls als Strukturfläche auf, sie ist indessen bei weitem nicht so spiegelnd und völlig eben, wie ∞O (110) und 202 (112), immerhin war eine Messung noch recht gut möglich. Eine Methode zu finden, diese beiden neuen Strukturflächen auch willkürlich hervorzubringen, hat mir bis jetzt nicht gelingen wollen". — Beim Erwärmen von Kugeln aus stark verzwillingten Spaltstücken von Zinkblende von Santander sprangen die Stücke häufig an der Zwillingsgrenze, wie unten beschrieben wird. Die so beim Zerspringen des Kristalls erzeugten Oktaederflächen dürften dem von Mügge beschriebenen entsprechen. Es wäre also durch rasches Erwärmen eines verzwillingten Kristalls eine Methode gegeben, das Oktaeder als Strukturfläche künstlich zu erzeugen.

[1] Brauns, Optische Anomalien. Leipzig 1891. p. 168. — Mügge, dies. Jahrb. 1883. I. 52, 53.

Ätzversuche an Zinkblende.

Mit folgenden Agentien wurden Ätzversuche ausgeführt: Salzsäure, Flußsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Königswasser, Salpetersäure, Chromsäure, Brom, Brom- und Chlorwasser und Ätzkali.

Von allen diesen ergaben nur die folgenden bisher gute Resultate: Salzsäure, Salpetersäure, letztere bei Zusatz von Kaliumnitrit, und Ätzkali. Über diese möge unten eingehend berichtet werden. Doch sei es gestattet, auch die Versuche mit negativem Erfolg mitzuteilen. Dadurch kann anderen die Wiederholung erspart werden.

An dem bei vielen Versuchen ungünstigen Verlauf waren vorwiegend zwei Momente schuld:

1. zu schwacher Angriff,
2. Ausscheidung von Schwefel.

Zu schwacher Angriff erfolgte bei allen Lösungsmitteln in der Kälte; Phosphorsäure griff auch beim Erwärmen noch zu schwach an; ebenso verhielt sich Flußsäure beim Abrauchen.

Ausscheidung von Schwefel, z. T. in geschmolzenem Zustande, war dadurch störend, daß er sich bildende Ätzfiguren überzog und verschmierte und die Bildung regelmäßiger Formen hinderte. Auch das nachträgliche Lösen des Schwefels in Schwefelkohlenstoff nützte nichts. Es zeigten sich unter demselben unregelmäßig gestaltete Vertiefungen.

Außer bei Salzsäure, Flußsäure und Phosphorsäure trat Schwefelausscheidung bei allen Säuren beim Erwärmen auf. Bei Salpetersäure schied sich ebenfalls Schwefel ab; durch einen Zusatz von Kaliumnitrit gelang es aber nach dem Vorschlag von Herrn Prof. Bredig in Heidelberg eine Schwefelausscheidung zu verhindern.

Von der Ausscheidung des Schwefels in Salpetersäure ohne Zusatz von Kaliumnitrit können wir uns etwa folgendes Bild machen:

$$ZnS + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2S;$$
$$H_2S + O = H_2O + S.$$

Der Zusatz von Kaliumnitrit zur Salpetersäure wurde von Veley (Chem. News. 1891. **23**. 3; 1892. **66**. 175) empfohlen. Weitere Arbeiten über die Verhältnisse bei der Umsetzung der Sulfide sind nicht bekannt. Ein genaues Bild des Vorganges läßt sich daher nicht geben. Auf jeden

Fall ist die Wirkung des Kaliumnitrits autokatalytisch. Wir denken uns wieder zuerst die Reaktion wie oben sich abspielen:

$$ZnS + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2S.$$

Ferner zerlegt sich Kaliumnitrit mit Salpetersäure in folgender Weise:

$$KNO_2 + HNO_3 = KNO_3 + HNO_2.$$

Veley[1] stellte die reversible Gleichung auf:

$$3HNO_2 \rightleftarrows 2NO + HNO_3 + H_2O.$$

Die Wirkung der entstehenden Stickoxyde wird zurzeit als eine die oxydierende Wirkung der Salpetersäure erhöhende aufgefaßt. Da nun diese Stickoxyde bei der oxydierenden Wirkung der Salpetersäure selbst entstehen, und die Salpetersäure sich ihren Katalysator selbst erzeugt, nennt man den Vorgang Autokatalyse[1]. — Einige Körnchen Kaliumnitrit bei einer Temperatur von 60—70° C genügen, um den Prozeß einzuleiten, der dann ohne erneutes Hinzufügen von Kaliumnitrit sich weiter abspielt. Als günstigste Temperatur für diese Reaktion wurde eine Temperatur von ca. 95° C gefunden. Bei einer 100° C wenig übersteigenden Temperatur schied sich bereits Schwefel ab. Doch trat eine Umsetzung schon bei 60° bei Zusatz von Kaliumnitrit, wenn auch langsam, ein. Bei reiner konzentrierter Salpetersäure geschah eine genügend rasche Umsetzung zwischen Blende und Lösungsmittel erst bei 110°.

Die Versuche wurden in einem Bechergläschen ausgeführt. Dabei wurden die zu ätzenden Kristalle mit einem unten umgebogenen Glasstabe, der mittels einer Rührvorrichtung drehbar war, am Boden des Gefäßes langsam herumgeführt. Durch dieses Bewegen wird ein möglichst gleichmäßiges Angreifen von allen Seiten bewirkt. Auch ist die Wirkung rascher als beim ruhigen Liegen des Kristalls, da dieser immer aus mehr abgestumpfter Umgebung in frisches Lösungsmittel geführt wird.

Die Kristalle wurden mit einem Glaslöffelchen in das Ätzmittel gebracht und ebenfalls damit herausgenommen, was sehr leicht geschieht, so daß die Dauer der Ätzung genau zu kontrollieren war.

[1] Über Autokatalyse allgemein vergl.: Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie. **2.** (2.) p. 267. — Über Autokatalyse von NO, vergl.: Millon, Ann. Chim. Phys. 1842. **6**. 73; — V. H. Veley, Phil. Mag. 1896. **37**. 165; — R. Ihle, Zeitschr. f. phys. Chem. 1896. **19**. 576; — Behrend und Schmitz, Liebg. Ann. 1893. **277**. 310; — Ostwald, Referat über Veley, Zeitschr. f. phys. Chemie. 1895. **18**. 667. — Ferner noch die Broschüren: Ostwald, Über Katalyse. Leipzig 1902; — W. Herz, Lehre von der Reaktionsbeschleunigung. Stuttgart 1906.

Bei der Ätzung mit Alkalien wurde anstatt des Rührers aus Glas ein solcher aus Eisen angewendet; auch wurden diese Versuche in einer Nickelschale ausgeführt und die Kristalle mit einer eisernen Pinzette in das Ätzmittel gebracht, da Glas, besonders von schmelzendem Alkali stark angegriffen wird.

Als Material zur Ätzung dienten wesentlich Spaltstücke der Blende von Picos de Europa bei Santander (Spanien), und zwar wurden zuerst Versuche an Spaltflächen gemacht. Diese gaben unbrauchbare oder nur unvollkommene Resultate. Es wurden deshalb an die Spaltstücke diejenigen Flächen angeschliffen, von denen zu erwarten war, daß sie den meisten Aufschluß geben würden. Diese sind die beiden Tetraeder ($p = +1$, $p' = -1$) und der Würfel ($c = o$). Es zeigte sich bei den Versuchen, daß das Anschleifen dieser Flächen völlig genügend ist, um alle entscheidenden Erscheinungen zu erhalten. Es wurden außerdem noch $q = \frac{1}{2}$ und $q' = -\frac{1}{2}$-Flächen angeschliffen, ohne daß damit neue Ergebnisse erzielt worden wären.

Das Anschleifen der Flächen geschah an einem von Prof. V. Goldschmidt konstruierten und von Mechaniker P. Stoë (Heidelberg) ausgeführten Schleifapparat[1].

Auf den Tetraedern ($p = +1$ und $p' = -1$) und dem Würfel ($c = o$) waren auf Grund des Gesamtbildes der Formenentwicklung der Blende und anderseits auf Grund der Ätzversuche von Becke die besten Ätzfiguren zu erwarten. In der Formenentwicklung waren als Hauptknoten die Tetraeder und der Würfel erschienen.

Es mußten beide Tetraederarten (p und p') zugleich angeschliffen werden; zunächst, weil es nicht möglich war, vor der Ätzung zu sagen, welche Flächen von der Position des Oktaeders sich als + und welche sich als — ergeben würden.

[1] Dieser Schleifapparat ist noch nicht publiziert. Er besteht aus einem zweikreisigen Goniometer und einer dazu orientierten, rotierenden Schleifplatte. Man orientiert und justiert den Kristall wie bei der Messung am Goniometer und stellt die anzuschleifenden Flächen nach den Positionswinkeln φ und ϱ ein. Der Apparat arbeitet mit großer Genauigkeit; so betragen die Fehler zwischen dem eingestellten Ort und dem im Schliff erzielten bei vorsichtiger Arbeit etwa 5—10 Minuten in φ und ϱ.

Das konnte erst die Ätzung entscheiden. Ferner war es wichtig, bei der Ätzung beide Arten von Tetraedern nebeneinander zu haben und gleichzeitig zu behandeln, um das Charakteristische und Verschiedene beider beobachten und vergleichen zu können. In der Tat zeigte sich jedesmal, wenn Ätzfiguren erschienen, ein starker Gegensatz zwischen p und p'.

Es wurde im weiteren Verlauf der Untersuchung vorgezogen, nach Prüfung von c, p und p' und nach Erzielung guter Ätzfiguren unmittelbar zur Kugel überzugehen, die

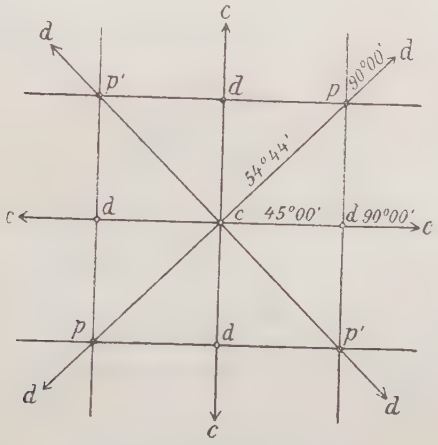


Fig 1.

das Verhalten der verschiedenen Flächenarten gleichzeitig offenbart.

Das Orientieren (Polarstellen) der Spaltstücke am Schleifapparat kann mit Vorteil auf zwei Arten geschehen:

1. nach dem Würfel als Polfläche (Textfig. 1),
2. nach dem Oktaeder als Polfläche (Textfig. 2).

Beides hat seine Vorzüge.

Aufstellung 1. Polarstellen nach dem Würfel c (Textfig. 1). Dabei bilden vier Spaltflächen (d = Dodekaeder) einen Ring mit der Poldistanz 45°, andere gehören zur Prismenzone mit der Poldistanz 90°.

Die eine c-Fläche bildet den Pol; die anderen Flächen c d p p' erhalten folgende Positionen:

	φ	ϱ		φ	ϱ		φ	ϱ		φ	ϱ
c	—	0°00′	p	45°00′	54°44′	d	0°00′	45°00′	d	45°00′	90°00′
	90°00′	0 00		225 00	54 44		90 00	45 00		135 00	90 00
	180 00	0 00	p′	135 00	54 44		180 00	45 00		225 00	90 00
	270 00	0 00		315 00	54 44		270 00	45 00		315 00	90 00

Die Position beliebiger sonstiger Flächen ergibt die Winkeltabelle.

In der Regel wurde nach dem Würfel polar gestellt.

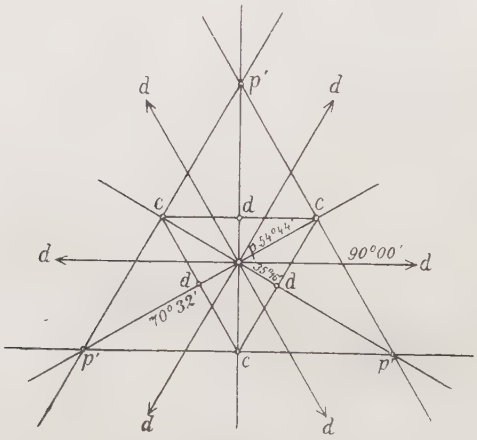


Fig. 2.

Aufstellung 2. Polarstellen nach dem Tetraeder p (Textfig. 2). Dabei bilden drei Spaltflächen einen Ring mit der Poldistanz 35° 16′, sechs andere bilden die Prismenzone. Danach kann man bequem polarstellen. Die anzuschleifenden Flächen c, p und p′, sowie die Spaltflächen erhalten folgende Positionen:

	φ	ϱ		φ	ϱ		φ	ϱ
c	90°00′	54°44′	p	—	0°00′	p′	30°00′	70°32′
	210 00	54 44					150 00	70 32
	330 10	54 44					270 00	70 32

	φ	ϱ		φ	ϱ		φ	ϱ
d	0°00′	90°00′	d	180°00′	90°00′	d	30°00′	35°16′
	60 00	90 00		240 00	90 00		150 00	35 16
	120 00	90 00		300 00	90 00		270 00	35 16

Ein annähernd genaues Anschleifen der Flächen p, p′ und c kann auch aus freier Hand auf der rotierenden Scheibe des Schleifapparates geschehen. Die Spaltflächen nach dem Dodekaeder geben hierzu die Orientierung. Man kann an den Spaltstücken leicht die hexaedrischen und die oktaedrischen Ecken unterscheiden (Textfig. 3).

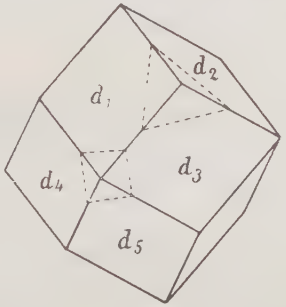


Fig. 3.

An der hexaedrischen Ecke schneiden sich drei Spaltflächen d (Textfig. 3) unter einem Kantenwinkel von 120° ($d_1 d_2 = d_2 d_3 = d_3 d_1 = 120°$). Zu diesen drei Flächen d_1, d_2, d_3 liegt eine Tetraederfläche symmetrisch. In der oktaedrischen Ecke schneiden sich vier Spaltflächen, die paarweise aufeinander senkrecht stehen ($d_1 d_5 = d_3 d_4 = 90°$). Dort liegt zu den vier Flächen $d_1 d_5$ und $d_3 d_4$ eine Würfelfläche symmetrisch.

Das Auge beurteilt gut diese symmetrische Lage, und es können bei einiger Vorsicht rasch und leicht nach dem Augenmaß aus freier Hand Oktaeder- und Würfelflächen angeschliffen werden, die für Vorversuche, ja selbst für entscheidende Versuche genügende Genauigkeit haben. Es hat nämlich die Erfahrung gezeigt, daß auf Flächen, die einer Hauptfläche z. B. c oder p naheliegen, die Ätzfiguren nach Art und Reflex so ausfallen, wie auf den Hauptflächen selbst. Auch müssen die angeschliffenen Flächen nicht absolut eben sein, da zur Messung doch nur die Reflexe der Spalt- und Ätzflächen dienen, nicht die angeschliffenen Flächen selbst.

Das Anschleifen aus freier Hand geht rasch, und es wurde damit viel Zeit gespart. Dies ist besonders wichtig bei Vorversuchen, wo es gilt, die richtigen Konzentrationen, Temperaturen und Zeiten für die Ätzung herauszufinden.

Das Polieren der Flächen geschah auf einer Pechscheibe mit Pariser Rot oder Chromgrün. Es ist in den meisten Fällen überflüssig. Nötig ist es bei sehr zarten Ätzfiguren. Bei unseren Untersuchungen kam es jedoch jedesmal auf die Bildung größerer, scharfer Ätzfiguren an, die am Goniometer gute Reflexzüge geben. Diese wurden ebensogut auf Flächen erzeugt, die mit feinem Smirgel matt geschliffen waren.

Bei den Kugeln wurde dagegen in allen Fällen auf Hochglanz poliert, denn es kam bei ihnen darauf an, die Ätzfiguren und ihre Züge nicht nur für die Hauptknoten zu erhalten, sondern auch für alle Übergänge. Auch ist zur Bildung guter Lösungskörper Hochglanz vorteilhaft.

Ätzversuche mit Salzsäure.

Konzentration der Säure, Temperatur, Dauer der Ätzung. Erhitzt man mäßig konzentrierte Salzsäure 5—10 Minuten zum Sieden, so wird die Konzentration konstant und es resultiert eine Säure mit 20,2 % Salzsäure und 79,8 % Wasser, deren Siedepunkt bei 110° C liegt. Da nun erst beim Kochen und bei höheren Konzentrationen die Salzsäure so stark angriff, daß sie gut meßbare Ätzfiguren und Lösungskörper bildete, war es nicht möglich, die Versuche bei wechselnder Konzentration und verschiedenen Temperaturen durchzuführen, nur die Zeit ließ sich variieren. Doch war auch hier ein günstigstes Maß gegeben: Bei zu kurzer Dauer der Ätzung waren die Ätzfiguren zu klein für die Messung, anderseits brachte längere Dauer keine wesentlichen Änderungen der Ätzfiguren und ihrer Reflexzüge hervor. Gar zu lange Ätzung machte die Ätzfiguren undeutlich und hatte allerlei störende Einwirkungen im Gefolge.

Es wurde deshalb nach einer Reihe von Versuchen für die Blende von Picos de Europa folgende Vorschrift eingehalten:

Erhitzen der Säure zum Sieden während 5—10 Minuten, dann Einführung der Blende in die siedende Säure und Ätzung während 20—25 Minuten.

Bei der eisenreicheren Blende aus dem Binnental genügten 8—10 Minuten. Die Angreifbarkeit wächst mit dem

Eisengehalt, was schon Becke an Blenden von verschiedenen Fundorten nachgewiesen hat.

Verfahren bei der Ätzung. Die Kristalle wurden, bevor sie in die heiße Säure gebracht werden (Temp. 110° C.), in einem kleinen Becherglase mit Wasser auf 100° erhitzt. Das Vorwärmen war nötig, da nicht vorgewärmte Kristalle bei der plötzlichen Erwärmung leicht zerspringen. Anderseits aber ist es prinzipiell wichtig, die Reaktion von Anfang an heftig vor sich gehen zu lassen, um gute Ätzfiguren zu erhalten und deshalb ein Erwärmen des Kristalls in der Säure bis zum Sieden derselben nicht tunlich. Nicht vorgewärmte Kristalle sprangen besonders gern an der Zwillingsgrenze.

Das Ätzmittel war in großem Überschuß vorhanden, um kleine Schwankungen in der Konzentration möglichst auszugleichen. Der Kristall wurde durch eine Rührvorrichtung in Bewegung gehalten und dadurch auch ein gutes Mischen des verbrauchten mit dem frischen Ätzmittel bewirkt.

Das Aussehen der Ätzfiguren auf den Flächen des angeschliffenen Spaltstückes. Das Aussehen der Ätzfiguren auf den angeschliffenen Flächen c und p ist Taf. XXII Fig. 16a, b wiedergegeben. Es stimmt mit den von Becke publizierten Bildern[1] überein. Auf den p-Flächen ist die Gestalt wesentlich dreieckig, die Kanten der Dreiecke parallel den Kombinationskanten der Zonen p e verlaufend. Häufig waren diese Dreiecke von Kanten parallel der Zonenkante p p' abgestumpft.

Auf c entstanden Ätzfiguren von der Gestalt langgestreckter Rechtecke in der Richtung der Zone p c p. Die Ätzgrübchen stellen sich in Reihen in der Richtung der Längenausdehnung nebeneinander (vergl. Taf. XXIII Fig. 17a und 17b).

Auf $p' = -1$ entstanden keine Ätzfiguren. Die Flächen nahmen ein mattes, samtartiges Aussehen an, infolge sehr vieler und feiner tiefer Bohrungen, die aber keine regelmäßige Begrenzung zeigten.

Auf d wurden ebenso keine Ätzfiguren beobachtet, die Flächen wurden stark angegriffen und matt.

[1] Min. u. petr. Mitt. 1883. 5. Taf. VII Fig. 1 u. 3.

Auf den Kugeln[1] entstanden Ätzgrübchen an den vier Orten der Tetraeder. Sie bildeten Gruppen von dreieckiger Gestalt. Daran reihten sich Ätzgrübchen, von den Ecken der Gruppen ausgehend zur Ecke der anderen verlaufend. Sie zeichneten auf der Oberfläche der Kugel einen eingegrabenen Zug in der Zone pp'. In der Mitte eines solchen Zuges verbreiterte sich derselbe am Orte von c zu einer größeren Gruppe von rhombischer Gestalt. Die Gruppe bei c war schwächer als bei p.

Die Ätzgrübchen an den Orten von p und c hatten die gleiche Gestalt wie die Grübchen auf den entsprechenden angeschliffenen Flächen. In der Zone dazwischen zeigten sie Übergangsformen.

So zeichnete sich auf der Oberfläche der Kugel in unscharfen Umrissen, aber deutlich erkennbar in den Hauptzügen, die Kugelprojektion der Formenentwicklung der Zinkblende mit ihren Hauptknoten und Hauptformen.

Wir haben vor uns das Ätzfigurenstadium des Lösungskörpers mit den charakteristischen Eigenschaften, die sich beim Calcit gezeigt hatten. Dies ist die erwartete und erwünschte Bestätigung, daß die Erscheinung nicht nur dem Calcit zukommt, sondern auch anderen Kristallen, wie man jetzt wohl sagen darf, allen.

Die Zwischenräume zwischen den genannten Zonenlinien wurden bei der Ätzung matt und samtartig, entsprechend den Beobachtungen am angeschliffenen Spaltstück, wo auf p' und d keine Ätzgrübchen auftraten.

Im weiteren Verlauf der Ätzung trat die Kugel in das Stadium des Lösungskörpers. Es bildeten sich nach 60 bis 70 Minuten dauernder Ätzung scharfe Ecken am Ort von p und c. In p waren die Ecken dreikantig, in c vierkantig, doch waren die Kanten nicht geradlinig, sondern in der Richtung der Zone $p'cp'$ gekrümmt. Die Kanten zwischen c und p bildeten in ihrer Fortsetzung Grate im Verlauf der Zone pcp. Sie gaben dem Lösungskörper die Gestalt eines krummflächigen Tetraeders mit einem Knick in der Mitte der Kanten durch die Hexaederecken. Fig. 27 zeigt eine etwas schematisierte Abbildung.

[1] Die Kugeln wurden in einer Größe von 10—15 mm Durchmesser von Herrn Mechaniker P. Stoë (Heidelberg) geschliffen und poliert.

Es ergab sich also auch hier wie beim Calcit die für das Wesen der Lösungskörper ebenso merkwürdige wie für das Wesen der Kristalle so wichtige Erscheinung, daß an Stelle der Löcher Spitzen traten, an Stelle der Lochreihen Grate (erhöhte Kanten). Und zwar saßen wie beim Calcit die Ecken des Lösungskörpers an Stelle der Flächen, die Kanten verliefen in den Zonenlinien des wachsenden Kristalls.

Dies ist das zweite wichtige, erhoffte und erwartete Resultat unserer Untersuchungen. Wir können also auch hier sagen, daß die Erscheinung nicht eine spezielle Eigentümlichkeit des Calcit ist, daß sie auch der Zinkblende zukommt und gewiß allen Kristallen.

Das Wandern der Ecken und mit ihnen der Kanten, wie es sich bei den Lösungskörpern des Calcit[1] gezeigt hatte, wurde bei der Zinkblende nicht wahrgenommen. Das war auch nicht zu erwarten; denn es hatte sich beim Calcit herausgestellt, daß die Symmetriepunkte (dort Basis o und Prismen ∞ und $o\infty$) nicht wanderten, sondern vielmehr ihren Ort behielten. Nun sind bei der Blende die Punkte p und c zugleich Hauptknoten und Symmetriepunkte. Daher blieb ihr Ort fest. Als veränderlich erschien dagegen die Krümmung der Kanten und die Abplattung der großen krummflächigen Dreiecke, in deren Mittelpunkt der Ort von p sich befindet.

Wir haben also im Anfang der Lösung, d. h. im Ätzfigurenstadium, ein Maximum der Lösungsgeschwindigkeit in den Knoten p und c (Bildung von Löchern) und in der Zone p c p, im weiteren Verlauf ein Minimum der Lösungsgeschwindigkeit (Kanten und Grate) an den gleichen Stellen, ein Maximum dagegen an den tiefsten, flachsten Stellen des Lösungskörpers d. h. am Ort des Gegentetraeders, ($p' = -1$).

Auch hier volle Übereinstimmung mit den am Calcit gewonnenen Resultaten, an die sich die Schlüsse über das Wesen der Ätzfiguren und die Mechanik des Lösungsprozesses[2] knüpften.

Die Reflexe der Ätzfiguren. Die Messung geschah am zweikreisigen Goniometer. Der Kristall wurde anfangs

[1] Vergl. Goldschmidt und Wright, dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVII, XVIII.
[2] Vergl. Goldschmidt, Zeitschr. f. Krist. 1904. **38**. 6.

nach kleinen angespaltenen Dodekaederflächen, im weiteren Verlauf der Untersuchungen bei genauerer Kenntnis der Reflexe der verschiedenen Flächen, direkt nach dem Reflex polar gestellt. Bei der Messung wurde gewöhnlich ein Punktsignal von 1 mm Durchmesser verwendet, bei sehr lichtschwachen Reflexen ein Kreuzsignal von 4 mm Durchmesser.

Die am Goniometer beobachteten Reflexe und Lichtzüge wurden auf ihre einzelnen Punkte, sowie außerdem in den Hauptrichtungen eingestellt.

Projektion. Die Messung am zweikreisigen Goniometer lieferte die Positionswinkel φ, ϱ. Aus diesen ergibt sich durch Auftragen nach den Polarkoordinaten φ und tang ϱ der gnomonische Punkt, nach den Polarkoordinaten φ und tang $\frac{1}{2}\varrho$ der stereographische Punkt.

Das stereographische Bild hat den Vorzug, daß die Prismenzone nicht wie beim gnomonischen im Unendlichen liegt, sondern auf dem Grundkreis. Dies gibt für manche Betrachtungen eine größere Übersichtlichkeit. Für die meisten Zwecke jedoch leistet die gnomonische Projektion bessere Dienste.

Wird bei der Messung eine Würfelfläche c in den Pol gestellt, so erhält man aus φ, ϱ die Projektion auf c, wird eine Tetraederfläche p oder p' in den Pol gestellt, so erhält man die Projektion auf p resp. p'.

Die Projektion der Lichtzüge von Krümmungen und Ätzfiguren geschah auf Grund einer sorgfältigen Skizze, die vom Reflexzug am Goniometer gewonnen wurde. Das aus den φ, ϱ der eingezeichneten Punkte hergestellte gnomonische oder stereographische Bild des Lichtzuges wurde nachträglich nochmals am Goniometer mit dem Reflex verglichen, um eine möglichst gute Übereinstimmung von Reflex und Projektion zu erreichen. Auf diese Weise wurden die Bilder erhalten.

Gemeinsame Projektion der Reflexzüge auf den Flächen c, p, p' (Taf. XVIII Fig. 4 u. Taf. XIX Fig. 5). An einem Spaltstück wurden in der Regel die Flächen c, p, p' zugleich angeschliffen und gemeinsam geätzt. Bei der Messung der Reflexe zeigte es sich, daß die Reflexzüge aller 3 Flächen einander ergänzen und teilweise decken. Sie wurden deshalb gemeinsam in ein Bild eingetragen.

Es zeigten die Ätzgrübchen auf c einen Lichtzug in der Zonenrichtung nach p, der fast bis zum Punkte p reicht; umgekehrt lieferten die Grübchen auf p einen Zug, der fast bis c reicht. Die sich deckenden Zonenstücke im Reflexzug beider Arten von Grübchen ergaben eine Übereinstimmung in allen Punkten.

Das Reflexbild zeigte eine deutlich ausgebildete Ätzzone von p nach c. Auf c wurde außer dem Zug nach p ein kleinerer, schwächer entwickelter Zonenzug nach p' beobachtet, der jedoch schon etwa bei dem Punkte $-\frac{1}{6}$ durch einen quergestellten kurzen Lichtfleck abgeschnitten wird. Bemerkenswert ist, daß die Lichtzüge nicht vom Flächenpunkt c selbst ausgehen, sondern erst in einer Winkeldistanz von 1° 30′ bis 2°.

Auf p finden wir einen trigonalen Zug, der von dem Flächenpunkt $+\frac{1}{2}$ nach dem benachbarten $+\frac{1}{2}$ zieht. Die Mitte dieses Zonenstückes, d. i. der Ort der Fläche $+\frac{3}{2}$, ist durch einen etwas dickeren Lichtfleck bezeichnet. Unmittelbar um den Flächenpunkt p zieht sich ein ebensolcher schwächerer trigonaler Ring, während p selbst keinen Lichtpunkt zeigt.

In der Ätzzone fällt besonders der starke Lichtfleck bei $q = +\frac{1}{2}$ auf, von welchem der trigonale Zug um p ausgeht. Bei den Orten der vielen kleinen hellen Lichtpunkte konnte ein Decken mit wichtigen Flächenpunkten oder eine sonstige Gesetzmäßigkeit nicht gefunden werden. Am Schnittpunkt von Zonenstücken zeigten sich größere, lichtstarke Reflexpunkte, die zuweilen eine Ausdehnung von mehreren Graden besaßen.

Die Resultate der Messung an der Kugel zeigt das gnomonische Projektionsbild mit p als Projektionsebene (Taf. XIX Fig. 5). Die Herstellung des Bildes geschah ebenso wie oben angegeben. Ein Vergleich der an der Kugel beobachteten Reflexe mit denjenigen des angeschliffenen Spaltstückes zeigte nur geringe Abweichungen beider Bilder. So z. B. fehlt der senkrecht auf der Ätzzone pcp stehende kurze Zug bei c und es bildet sich ein Ring um c. Ebenso wird der innere Ring um p bedeutend schwächer. Im wesentlichen aber gibt das Reflexbild auf der Kugel die nämlichen Resultate wie auf den ebenen Flächen.

Oberflächenmessung des Lösungskörpers. Bei dem Lösungskörper erschien es angezeigt, die Positionen der Spitzen (Ecken) und Grate (Kanten) zu kontrollieren, ob die Spitzen genau im Ort von p und c sitzen, die Grate in der Zone von p nach p verlaufen. Die Messung der Oberfläche geschah in der in dies. Jahrb. 1904. Beil.-Bd. XVIII. p. 348 ff. gegebenen Weise. Zum Polarstellen (Justieren) dienten die Reflexe der Ätzfiguren. Ätzgrübchen mit brauchbarem Reflex waren nur an den dreikantigen Spitzen vorhanden. Nach diesem Reflex, der sich als Reflex auf p erwies, wurde justiert, so daß die der Fläche p entsprechende Spitze im Pol stand und die drei anderen Spitzen in einer Ebene in gleichem Polabstand sich befanden.

Es handelte sich nun noch um die Zentrierung des Lösungskörpers, d. h. um die Verschiebung des Mittelpunktes desselben in den Mittelpunkt des Goniometers, d. i. der Punkt, in dem sich die beiden Achsen desselben schneiden, der also bei allen Drehungen ruhig bleibt.

Ist nun der zu messende Körper eine Kugel oder ein regulärer Körper, wie solcher in diesem Falle aus der Kugel entsteht, so hat der Körper einen Mittelpunkt, und es kann eine Zentrierung geschehen. Ist diese erfolgt, so ist der Ort eines Punktes der Oberfläche (abgesehen von der Zentraldistanz) gegeben durch einen Strahl aus dem Mittelpunkt resp. durch dessen koordinierte Winkel φ, ϱ.

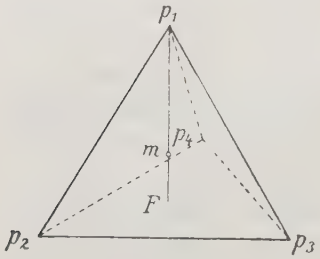


Fig. 4.

Man bestimmt also den Ort eines Oberflächenpunktes ebenso wie eines Punktes der Erdoberfläche durch Poldistanz und Meridianwinkel φ, ϱ.

Quer- und Längszentrierung. Die Querzentrierung geschieht nach erfolgter Justierung im vorliegenden Fall leicht, da eine Spitze p^1 (Textfig. 4) im Pol des Körpers vorhanden ist. Man ermittelt zuerst die Ablesung am Horizontalkreise, bei der die Achse des Vertikalkreises dem Fernrohr genau gegenübersteht, stellt gegenüber und verschiebt die Spitze p^1

durch die Parallelschlitten des Instruments in das Fadenkreuz.

Es erübrigt noch die Längszentrierung. Diese geschieht mit Hilfe der Schraube in der Achse des Vertikalkreises.

Es stand mir ein Instrument neuester Konstruktion[1] zur Verfügung mit Teilung und Nonius an den Parallelschlitten S_1 S_2 des Justierapparates und an der Transportschraube des Vertikalkreises S_3, so daß der Ort jedes Punktes im Raum durch drei rechtwinkelige Koordinaten ausgemessen werden kann.

Unser Lösungskörper ist nun weder eine Kugel noch ein Tetraeder, sondern eine Kugel mit vorspringenden Tetraederecken, d. h. die Eckpunkte sind in der Tat Eckpunkte eines Tetraeders. Wir zentrieren nun auf den Mittelpunkt dieses Tetraeders in folgender Weise:

Nachdem justiert und querzentriert ist, stellt man die Achse des Vertikalkreises ein, d. h. man verklemmt den Horizontalkreis bei einer Ablesung von $H + 90^0$, wenn die Ablesung bei der Gegenüberstellung H ergeben hatte. Dann stellt man die Spitze p^1 mit Hilfe der Schraube S_3 ein und liest an der Teilung ab. Ferner stellt man ebenfalls durch Drehen von S_3 auf die Ecken p^2, p^3, p^4 ein, die bei der Drehung des Vertikalkreises alle durch den Vertikalfaden laufen, und liest wieder ab. Die Differenz gibt die Höhe p^1F des Tetraeders. Der Mittelpunkt des Tetraeders m liegt nun in $\frac{1}{4}$ der Höhe p^1F.

Hat man auf diese Weise zentriert und justiert, so kann jeder Punkt auf der Oberfläche des Körpers der Richtung nach bestimmt werden durch Einstellung und Ablesung der Winkel φ, ϱ oder durch drei Koordinaten im Raume. Letzteres erreicht man, indem man den Punkt genau zentriert (so daß er bei Drehung des Horizontal- und Vertikalkreises seinen Ort nicht ändert) und an den drei Teilungen S_1, S_2, S_3 abliest. Man kann dann aus den Winkeln φ, ϱ ein Projektionsbild herstellen (orthoskopisch oder stereographisch) oder aus den Ablesungen an S_1, S_2 ein orthoskopisches Bild, indem man die Ablesungen S_1, S_2 als rechtwinkelige Koordinaten aufträgt ohne Rücksicht auf die Ablesung S_3.

[1] Ausgeführt von Mechaniker P. Stoë, Heidelberg, Konstruktion von V. Goldschmidt. Dies. Jahrb. 1894. Beil.-Bd. XVIII. p. 5, 355.

Die so ausgeführte Messung lieferte das Bild Taf. XXII Fig. 27. Es zeigt die Spitzen genau am Ort des Tetraeders und die Kanten, soweit sie sich verfolgen ließen, im Verlauf der Zonen $p_1 p_2 p_3 p_4$, die Würfelecken im Halbierungspunkt dieser Zonenstücke.

Ätzversuche mit Salpetersäure.

Konzentration der Säure, Temperatur, Dauer der Ätzung. Bei der Ätzung mit Salpetersäure unter Zusatz von Kaliumnitrit wurde stets konzentrierte Säure angewendet, da verdünnte Säure nicht heftig genug angreift bei der erforderlichen niedrigen Temperatur von 95° C. Die Temperatur durfte anderseits nicht gesteigert werden, da sich schon beim Erhitzen wenig über 100° C Schwefel abschied.

Das Zufügen von Kaliumnitrit geschah durch einmaligen Zusatz von ca. $\frac{1}{2}$ g Nitrit zu ca. 100 ccm der auf 95° C erhitzten Säure. Erst nach Zusatz des Nitrits wurde der Kristall in die Lösung gebracht. Ein Vorwärmen des Kristalls war bei dieser Temperatur nicht nötig. Das Bechergläschen wurde auf einem Wasserbade erwärmt. Es wurde darauf geachtet, daß der Raum zwischen Flüssigkeitsschicht und dem das Becherglas bedeckenden Uhrglase mit roten und braunen Dämpfen von Stickoxyden beständig angefüllt war. War dies nicht der Fall, so wurde noch etwas Kaliumnitrit hinzugefügt.

Die konzentrierte Salpetersäure ist bei einer Temperatur wie der hier angewandten kein sehr stark angreifendes Ätzmittel. Die Dauer der Ätzung betrug dementsprechend bis zur Erzielung gut meßbarer Ätzfiguren 35—40 Minuten. Wie bei der Ätzung mit Salzsäure entsprachen auch hier alle sonstigen Untersuchungsbedingungen dem dort Gesagten.

Da die Ätzung nur mit konzentrierter Säure und einer nur wenige Grade zu variierenden Temperatur gelang, war es nicht möglich, vergleichende Versuche über den Einfluß von Konzentration und Temperatur auf Ätzfiguren und Lösungskörper anzustellen.

Das Aussehen der Ätzfiguren auf den Flächen des angeschliffenen Spaltstückes p und c unterschied sich nur unmerklich von dem der mit Salzsäure erzielten Ätzfiguren. Dagegen traten auf p· Ätzfiguren in Ge-

stalt tiefer runder Bohrungen auf, die keine scharfe randliche Begrenzung besaßen. Solche fehlten bei der Ätzung mit Salzsäure. Ähnliche Bohrungen, nur tiefer und vereinzelt, zeigte die d-Fläche. Die Bohrungen auf p' und d gaben indes nur schwache Reflexe.

Das Aussehen und die Verteilung der Ätzfiguren an der Kugel entsprach dem der durch Ätzung mit Salzsäure gebildeten. Es traten an den den p-Flächen entsprechenden Orten scharf begrenzte dreieckige Ätzgrübchen auf, die wie dort in deutlichen Streifen nach dem Würfelpunkt zogen, wo sich längliche Ätzgrübchen erzeugten. An den Gegenpunkten von p, d. h. an dem Ort von p', zeigten sich wenige tiefe Bohrungen, ebenso an dem Ort von d. In der Richtung der Zone von p nach d gingen von dem Orte p schwache kurze Reihen von Ätzgrübchen aus, die in der Zonenrichtung gestreckt erschienen.

Bei der Ätzung mit Salpetersäure wurden also ganz ähnliche Resultate erzielt wie bei der Ätzung mit Salzsäure. Es bestätigte sich auch hier, daß sich in der Kugelprojektion die Hauptzonen und Hauptknoten in unscharfen Umrissen auf der Oberfläche abzeichneten. Bei Salpetersäure erfuhr die Zeichnung auf der Kugel noch eine Bereicherung, indem das Zonenstück von p nach d neu hinzukam.

Die Zwischenräume zwischen den glänzenden Ätzgrübchenzügen wurden hier zwar auch matt, aber im Gegensatz zu Salzsäure mit tiefen Bohrungen, entsprechend dem Verhalten von p' und d am angeschliffenen Spaltstück.

Der Lösungskörper wurde nicht mit konzentrierter Salpetersäure unter Zusatz von Kaliumnitrit dargestellt, sondern mit rauchender Salpetersäure und Kaliumnitrit. Die Versuche ergaben nämlich, daß konzentrierte Salpetersäure nicht rasch genug angreift, so daß die Spitzen (Ecken) und Grate (Kanten) nicht deutlich genug hervortraten. Die Versuchsbedingungen mit rauchender Salpetersäure waren im übrigen die gleichen wie die mit konzentrierter Säure. Der nach 100—110 Minuten dauernder Ätzung erzielte Lösungskörper ist Taf. XXII Fig. 28 abgebildet. Er hatte ebenso wie der mit Salzsäure erzielte tetraedrischen Habitus. Er zeigte auf dem Austritt der Normalen auf p Spitzen, die aber

am obersten Teil abgeschnitten waren. Auf diesen kleinen Abplattungen saßen Ätzgrübchen als Rest von dem vorausgehenden Ätzgrübchenstadium. Von diesen Spitzen, die p entsprechen, zogen wieder scharfe Grate von c nach p. Diese Grate hatten wie bei den Lösungskörpern mit Salzsäure Knicke an den Orten von c, doch waren diese Knicke nicht so stark hervortretend wie dort. Einen wesentlichen Unterschied zwischen den Lösungskörpern mit Salzsäure und Salpetersäure bildeten dagegen die scharfen, kurzen Grate, die von p in der Richtung p p' nach d ziehen, um dort plötzlich abzubrechen. Diese Grate bewirken, daß bei vollkommener Beibehaltung des tetraedrischen Habitus von den Spitzen am Ort p sechs Grate strahlenförmig ausgehen, während der Lösungskörper mit Salzsäure nur drei solcher Grate hatte. Ferner sind beim Lösungskörper mit Salpetersäure die zwischen den Graten liegenden Partien bis zu den Orten d hier mit stark glänzenden Ätzfiguren bedeckt, während der innerste Teil des Feldes in der Umgebung von p' matt bleibt und sich so deutlich von den umgebenden glänzenden Partien abhebt.

Die Messung und die Projektion der geätzten Kristalle geschah genau nach dem bei der Ätzung mit Salzsäure beschriebenen Verfahren. Die Reflexe der Ätzfiguren am angeschliffenen Spaltstück wurden in gnomonischer Projektion auf c, die Reflexe der Ätzfiguren an der Kugel in gnomonischer Projektion auf p dargestellt und in diesen Bildern diskutiert (vergl. Fig. 8 u. 9).

Die Resultate der Messung an den Flächen des angeschliffenen Spaltstückes unterscheiden sich deutlich von denen mit Salzsäure, wenn auch das hauptsächlich Charakteristische, das Auftreten von scharfen Ätzfiguren auf p und c, sowie das Vorherrschen der Ätzzone p c p gewahrt bleibt. Die Projektionsbilder (Taf. XXI Fig. 8 u. 9) zeigen Abweichungen in den Zügen um p und c. Die rhombisch gestalteten Züge um c sind weiter vom Flächenpunkt c entfernt, die Züge um p sind näher an dem Flächenpunkt p herangerückt als bei Salzsäure. Auf p' wurden nur schwache verschwommene Reflexe beobachtet, die eine kaum wahrnehmbare trigonale Symmetrie nach d besitzen. Auf d selbst wurde ein schwacher Reflexzug nach p beobachtet.

Daß es auch hier die Flächen p, nicht p· sind, die die Ätzgrübchen zeigen, wurde in der Weise nachgewiesen, daß ein Kristall mit den Flächen p, p·, c mit Salpetersäure geätzt wurde. Die Flächen, auf denen die scharfen Ätzgrübchen auftraten, wurden nachgeschliffen und dann der Kristall nochmals mit Salzsäure geätzt. Es traten dann auf den nachgeschliffenen Flächen mit Salzsäure Ätzgrübchen auf, d. h. die mit scharfen Ätzgrübchen bedeckten Flächen bei der Ätzung mit Salpetersäure sind tatsächlich p-Flächen.

Die Messungen an der Kugel ergaben mit kleinen Abweichungen dieselben Resultate wie die am angeschliffenen Spaltstück. Ein Unterschied besteht darin, daß ein Zug in der Zone p d auftritt, der kurz vor d abbricht. Ein solcher fehlt bei der Ätzung mit Salzsäure.

Es zeigte sich also bei der Ätzung mit Salzsäure einerseits und mit Salpetersäure anderseits bestätigt, was nach den Versuchen am Calcit zu erwarten war, daß die verschiedenen Lösungsmittel verschiedene Ätzfiguren und verschiedene Lichtzüge geben, daß jedes in seiner Weise einen Teil des Formensystems mit den Hauptknoten und Hauptzonen aufzeichnet.

Ferner zeigte sich, daß für Salpetersäure ebenso wie für Salzsäure ein starker Gegensatz zwischen $p = +1$ und $p· = -1$ besteht. Auf p wohlgeformte Ätzgrübchen, auf p· nur samtartiges Mattwerden, dann runde Bohrlöcher ohne Facetten und ohne Reflexzüge; p und c sind in beiden Fällen Hauptätzflächen, zwischen ihnen spannen sich die Hauptätzzonen.

Ein Unterschied zeigt sich bei der Ätzung mit Salpetersäure gegenüber Salzsäure, indem hier auch das Dodekaeder d Ätzfiguren liefert und entsprechende Lichtzüge von p nach d. Es hat hier also d eine höhere Wichtigkeit, einen höheren Rang als Ätzfläche.

Es bestätigte sich ferner das beim Calcit Gefundene und auch bei der Ätzung mit Salzsäure Eingetroffene, nämlich der allgemeine Verlauf des Lösungsvorganges in seinen verschiedenen Stadien, und zwar sowohl bei der Ätzung der Hauptflächen als auch der Kugeln. Wir finden als beste Ätzflächen die Hauptknoten des Formensystems der Zinkblende p und c.

Beim Lösen der Kugel fand sich wieder zunächst ein Ätzfigurenstadium mit Grübchen in den Hauptknoten (hier p, c, d) und in den Hauptzonen p c und p d. Nach längerer Lösung verschwanden die Ätzgrübchen bis auf einen kleinen Rest in p. An ihre Stelle traten die Ecken in p, die Knicke in c und d und die Grate in den Hauptzonen p c und p d.

Die Lösungskörper nahmen trigonale Gestalt an. Bei p' war die Abplattung, also die Lösungsgeschwindigkeit, am größten, bei p am kleinsten. Man kann am Lösungskörper eine Rangordnung der Knoten ablesen, $p > c > d$.

Weiterhin zeigte sich die beim Calcit zutage getretene Erscheinung bestätigt, daß jedes Ätzmittel andere Ätzfiguren und einen anderen Lösungskörper hervorbringt. Besonders deutlich und in die Augen fallend tritt dies bei den Lösungskörpern hervor. Man kann diesem unmittelbar ansehen, ob er mit Salzsäure oder mit Salpetersäure gemacht ist. Man kann sagen, jedes Lösungsmittel gräbt in die Kugel Zeichen seiner Tätigkeit mit seiner eigenen Handschrift. Es bleibt unsere Aufgabe, diese Zeichen zu lesen und zu verstehen.

Es bestätigt sich ferner als allgemein gültig das Folgende am Calcit Gefundene. Die Hauptknoten der Formenentwicklung sind die Hauptätzknoten, nämlich c, p, d (p'), doch ändert sich deren Rang quantitativ.

Wir hatten

bei der Salzsäurekugel $p > c$ (d und p' fehlen),
„ „ Salpetersäurekugel $p > c > d$ (p' fehlt).

Wie wir noch bei der alkalischen Ätzung zeigen werden, erfolgt sogar eine Umstellung in der Rangordnung. Dort finden wir folgende Rangordnung.

Bei der Ätzkalikugel $p' > p > d$ (c fehlt)!

Bei den Säuren (Salpetersäure und Salzsäure) ist die Rangordnung also die gleiche, nur daß bei Salpetersäure d noch an dritter Stelle erscheint, während es bei Salzsäure fehlt. Ferner ist beiden, trotz der wesentlichen Abweichungen in einzelnen Punkten, vieles Charakteristische gemeinsam: die trigonale Symmetrie auf p, die digonale nach p auf c, der ausgesprochene tetraedrische Charakter in der Verteilung der Ätzgrübchen, sowie in den Reflexzügen derselben, die Ähn-

lichkeit der Lösungskörper, die wir sogleich besprechen werden.

Dagegen ist ein starker Gegensatz in Ätzfiguren und Lösungskörpern zu den bei der Behandlung mit Ätzkali erzielten.

Dies ist wieder eine Analogie mit den Erfahrungen am Calcit. Auch dort verhielten sich Salzsäure und Salpetersäure ähnlich im Gegensatz zu andersartigen Angriffsmitteln wie Essigsäure, Zitronensäure, die wieder unter sich eine Gruppe ähnlichen Verhaltens bildeten.

Ätzversuche mit Ätzkali.

Es schien wichtig, außer mit Säuren Ätzfiguren und Lösungskörper mit Alkalien zu erzeugen. Einmal, weil zwischen Säuren und Alkalien ein starker Gegensatz besteht und deshalb besonders große Verschiedenheit der Wirkung zu erwarten war; dann auch, um zu untersuchen, ob etwa bei Anwendung von Alkalien p und p' ihre Rollen vertauschen.

Ein wesentlicher Kontrast war zu erwarten nach den Erfahrungen am Calcit, sowie nach den Untersuchungen von Meyer und Penfield am Quarz. Dort hatte Flußsäure einen wesentlich trigonalen, stark abgeplatteten Lösungskörper ergeben, Ätzkali einen wesentlich hexagonalen, nahezu kugeligen.

Der Gegensatz hat sich in der Tat bei den Versuchen an der Zinkblende gezeigt, ebenso ein Vertauschen der Rollen von p und p'. p erwies sich zwar immer noch als sehr stark, kaum hinter p' zurückstehend, aber p' wurde zum stärkeren Knoten.

Methode der Ätzung. Zu den Versuchen wurde Ätzkali verwendet, so wie es in Stangenform im Handel erhältlich ist. Das Ätzkali wurde in einer Nickelschale bei einer Temperatur von 220—240° C. auf dem Ölbade im leichtflüssigen Schmelzen erhalten. Die Blendekristalle wurden, bevor sie in die heiße Schmelze gebracht wurden, auf einem Asbestdrahtnetz über dem Ölbad langsam vorgewärmt und dann vorsichtig mehreremal mit einer Messingzange kurz eingetaucht und wieder hervorgezogen. Diese Vorsichtsmaßregel war nötig, um ein Zerspringen der Kristalle bei der raschen Erhitzung zu vermeiden. Besonders gern fand bei vorhandenen

Zwillingslamellen, die selten fehlten, ein Zerspringen der Kristalle an der Zwillingsgrenze statt. Das Erwärmen der Nickelschale auf dem Ölbade ist nötig, um eine gleichmäßige Temperatur im Gefäße zu erzielen. Das Umrühren geschah mit einem Rührer aus Eisendraht, da Glas zu stark angegriffen wurde.

Bis zur Erzielung gut meßbarer Ätzfiguren dauert die Erhitzung 30—40 Minuten. Da verdünntes Ätzkali sehr langsam angriff, wurden Lösungsversuche nur mit unverdünntem Ätzkali ausgeführt.

Das Aussehen der Ätzfiguren auf den Flächen des angeschliffenen Spaltstückes. Auf den angeschliffenen Tetraederflächen p und p' entstanden Ätzgrübchen, die nach etwa 20 Minuten dauernder Ätzung dreiseitige Begrenzung zeigten, mit den Kanten parallel den Oktaederkanten. Bei fortgeschrittener Ätzung wurde die Begrenzung undeutlich und gerundet. Es traten dann zwischen den Ätzgrübchen warzenähnliche, matte Türmchen auf. Die Ätzgrübchen auf p glichen völlig denen auf p'. Auf c zeigten sich keine Ätzgrübchen, die Flächen wurden matt. Auf d bildeten sich Ätzhügel, deren Kanten den Oktaederkanten parallel liefen. Sie waren senkrecht zu diesen Kanten federartig gestreift.

Das Aussehen der Ätzfiguren auf der Kugel entsprach dem beim angeschliffenen Spaltstück. Die Ätzgrübchen auf p und p' gingen allmählich in die Ätzhügel auf d über. Es zeichneten sich sehr verschwommene Zonen p d p' ab, nur durch die deutlichen matten Stellen am Ort von c kenntlich.

Der Lösungskörper hatte, was nach dem Auftreten gleich aussehender Ätzgrübchen auf p und p' zu erwarten war, holoedrischen Habitus und zwar zeigte er die Gestalt eines Würfels mit scharfen Kanten in der Zone p d p'. Es entstanden Spitzen an den Orten von p und p', leichte Knicke an dem Ort von d. Die Stellen am Ort von c wurden matt.

Die p- und p'-Ecken unterschieden sich dadurch, daß die p'-Ecken spitzer hervortraten und noch eine kleine Gruppe wohlgebildeter Ätzfiguren zeigten. Die p-Ecken dagegen hatten eine vollkommene Spitze, etwas stumpfer als die am Ort von p' und ohne Reste von Ätzgrübchen.

Die Gebiete in der Nähe von p' zeigten starkglänzende Ätzhügel, die nach c hin sich verloren; die Gebiete um p waren glatt.

Auffallend schnell vollzog sich bei der Ätzung mit Ätzkali die Bildung von Spitzen und Graten, nachdem einmal Ätzfiguren erschienen waren. Es folgte das Stadium des Lösungskörpers so unmittelbar auf das Stadium der Ätzfiguren, indem gut meßbare Ätzfiguren erzielt wurden, daß sich bei den Kristallen, die zur Messung von Ätzfiguren geätzt wurden, immer schon Anfänge von Spitzen und Gratbildung zeigten. Ein Bild des Lösungskörpers zeigt Taf. XXII Fig. 29.

An dem Lösungskörper läßt sich die Rangordnung der Knoten ablesen. Sie ist, wie schon oben erwähnt p' > p > d.

Messung der Reflexe. Die Betrachtung der Reflexe am Goniometer zeigte einen Unterschied der Züge auf p und p'. Auf p traten Zonenzüge auf in der Richtung nach p d p'. Am Ort von d zeigte sich ein heller lichtstarker Reflex. Zwischen diesen Zonenzügen traten kleinere Züge in einer Ausdehnung bis ungefähr 7° Poldistanz auf, die in der Richtung p c verliefen. Auf p' zeigten sich Zonenzüge in der Richtung p' d p, ebenfalls durch einen hellen Fleck auf d ausgezeichnet. Auf p' fehlten die kurzen Züge in der Richtung p' c.

Bei den angeschliffenen Flächen des Spaltstückes wie bei der Kugel gaben die Reflexe der Ätzfiguren die nämlichen Bilder. Ringbildungen, wie solche bei der Ätzung mit Säure um p und c auftraten, wurden nicht beobachtet. Taf. XXI Fig. 10 zeigt das Projektionsbild der Lichtzüge der angeschliffenen Flächen des geätzten Spaltstückes mit c als Projektionsebene, Taf. XXI Fig. 11 das Projektionsbild der Lichtzüge der geätzten Kugel mit p' als Projektionsebene, beide Bilder in gnomonischer Projektion.

Die Unterscheidung der beiden Flächen p und p' geschah in der bei Salzsäure angegebenen Weise. Es ergab sich bei der Ätzung mit Salzsäure, daß die mit Ätzkali den sechsstrahligen Stern zeigenden Flächen p'-Flächen, die den dreistrahligen Stern zeigenden Flächen p-Flächen waren.

Bei der Betrachtung des Lösungskörpers hatte sich ebenso an den spitzeren mit Ätzgrübchen versehenen Ecken ein drei-

strahliger Stern gezeigt, an den ätzgrübchenfreien, stumpferen Ecken, ein sechsstrahliger Stern.

Um die Stellung der Knoten p und p' in der Rangordnung durch Messung genau festzustellen, wurde der Lösungskörper auf das Goniometer gebracht. Bei der Oberflächenmessung ergab sich, daß die Zentraldistanz von p kleiner war als die von p', abgesehen von den Ätzgrübchen, die an der äußersten Spitze von p' auftraten, d. h. die Lösungsgeschwindigkeit ist auf p größer als auf p' Die Knoten p und p' haben also die Rangordnung im Vergleich zu Säuren vertauscht. Während bei Säuren $p > p'$ war, ist bei Ätzkali $p' > p$.

Spezielle Studien.

Die Rolle der Hemiedrie. Die Zinkblende gehört der tetraedrischen Hemiedrie des regulären Systems an. In der Diskussion der Entwicklung der Formen ist bereits gezeigt worden, wie der $---$-Oktant in bezug auf Formenreichtum und der Knoten p' viel stärker ist als der $+++$-Oktant mit dem Knoten p. Es strahlen von $p' = -1$ mehr und mit Flächenpunkten reicher besetzte Zonenstücke aus als von $p = +1$. Die Hemiedrie äußert sich auch bei den Ätz- und Lösungsversuchen in der Verteilung der Ätzfiguren, den Symmetrieverhältnissen und den Reflexen der Ätzgrübchen.

Bei der Ätzung mit Salzsäure und Salpetersäure traten Ätzgrübchen nur im positiven Oktanten auf, während im negativen nur Bohrungen, die nicht facettiert waren, entstanden. Bei der Kugel zeichneten sich durch Aneinanderreihung der Ätzgrübchen, wenn auch verschwommen, die Zonen pcp ab, wobei die Punkte p und c hervorgehoben waren, p durch eine trigonale Anhäufung von Ätzgrübchen, c durch eine rhombisch gestaltete, in der Richtung der Ätzzone gestreckte Anhäufung. Die Lösungskörper waren stets Gebilde mit ausgesprochen tetraedrischem Habitus.

Die Ätzfiguren zeigten auf den Flächen p trigonale Symmetrie, auf der Würfelfläche c, die bei der Formenentwicklung von der Hemiedrie nicht getroffen wird, digonale Symmetrie, während bei holoedrischen Kristallen auf p hexagonale und auf c tetragonale Symmetrie zu erwarten wäre. Bei den

Lösungskörpern bilden sich an dem Ort von p dreikantige Spitzen, die von p über c nach p verlaufen, an dem Ort von c Knickungen der Grate.

Schließlich zeigten die Reflexzüge der Ätzgrübchen einen deutlich tetraedrischen Charakter, indem die Lichtzüge teils nur von p nach p, teils von p nach d zogen, während in den Zonen von p' nach p' oder von p' nach d keine Lichtzüge auftraten.

Bei der Ätzung mit Alkalien zeigten sich zwar Ätzgrübchen auf beiden Tetraedern, doch waren auch hier deutlich an den Reflexen der Grübchen + und — zu unterscheiden. Besonders stark trat der Unterschied im Verhalten von p und p' bei den Lösungskörpern in Erscheinung.

Die Frage, ob sich der polare Gegensatz zwischen p und p' bei der Ätzung in der Weise zeigt, daß für Säuren p, für Alkalien p' als Hauptknoten den ersten Rang einnimmt, läßt sich nicht sicher beantworten. Soweit die bisherigen Untersuchungen reichen, ist dies in der Tat der Fall, doch sind nur Lösungsversuche mit Salzsäure und Salpetersäure einerseits und mit Ätzkali anderseits gemacht worden und es bedarf weiterer Untersuchungen, ob das hier Gefundene für das Angreifen von Alkalien im Gegensatz zu Säuren allgemein gilt.

Bei der Behandlung mit Säure wurde p zum ausschließlichen Hauptknoten, daneben c und d. Bei Ätzkali dagegen wurden beide Tetraeder geätzt, d. h. p ist sowohl für Säuren wie für Alkalien Hauptknoten, p' nur für Alkalien. Es äußert sich also im gewissen Sinne der polare Gegensatz bei der Ätzung, indem p' für Säuren keine Hauptknoten, dagegen für Alkalien Hauptknoten ist, und zwar ist die Rangordnung folgende:

Lösung mit Salzsäure	$p > c$	(p' d fehlen),
„ „ Salpetersäure	$p > c > d$	(p' fehlt),
„ „ Ätzkali	$p' > p > d$	(c „).

Der Unterschied im Rang zwischen p' und p bei der Ätzung der Flächen mit Ätzkali ließ sich nicht feststellen. Beide Flächen gaben gute Ätzfiguren, dagegen zeigten die Reflexe und vor allem der Lösungskörper einen Unterschied.

Bei p' waren die Ecken spitzer und zeigten einen Rest von Ätzfiguren.

Bei p waren die Ecken stumpfer, und die Ätzfiguren waren verschwunden.

Wir haben also bei p' heftigeren Angriff und stärkeren Widerstand zugleich. Beides charakteristisch für den stärkeren Ätzknoten.

Auch die direkte Messung der Zentraldistanz ergab das stärkere Hervortreten der Spitzen bei p', somit die größere Lösungsgeschwindigkeit bei p, was dem schwächeren Knoten entspricht.

Die Rolle der Spaltfläche. Es war eine auffallende Tatsache, daß die Form d, das Dodekaeder, das als vollkommene Spaltfläche bei der Blende eine so hervorragende Rolle spielt, mit Salzsäure gar keine Ätzfiguren gab, mit Salpetersäure in dieser Beziehung weit hinter p und c zurückstand.

Auch im Formensystem spielt d eine wichtige Rolle, sowohl in der Entwicklung der Formen, wie sich solche aus der Diskussion des Projektionsbildes und der Zahlenreihen ergibt, als auch in bezug auf Häufigkeit und Größe der Ausbildung. d ist oft die herrschende Form, die der Kombination den Habitus gibt.

Bei der Ätzung mit Säuren zeigte sich d unter den Hauptknoten p p' c d als der schwächste. Bei der Ätzung mit Salzsäure wurde sie matt und samtartig, bei Salpetersäure ergab sie runde, nicht facettierte Bohrungen. Die Lösungskörper mit Säuren ergaben für d einen Rang unter p und c.

Bei der Ätzung mit Ätzkali war das freilich anders. Dort ist d ein wichtiger Knoten.

Bei Calcit war die Spaltfläche $p' = +1$ zugleich Hauptätzfläche für die verschiedenen dort angewandten Lösungsmittel, unter denen freilich nur Säuren waren, keine Alkalien. Es lag nach den dortigen Erfahrungen die Vermutung nahe, die Hauptspaltfläche sei stets, d. h. für alle Lösungsmittel, zugleich Hauptätzknoten.

Die Untersuchungen an der Zinkblende haben gezeigt, daß das nicht der Fall ist. Die Spaltfläche erscheint dort für einige Lösungsmittel als Hauptätzknoten, für andere nicht. Den ersten Rang unter den Ätzknoten nimmt sie in keinem der untersuchten Fälle ein.

Zwillingsbildung.

Das Zwillingsgesetz der Zinkblende (Blendegesetz). Bei der Zinkblende sind bis jetzt Zwillinge nur nach einem Gesetz bekannt[1]. Die Art der Verknüpfung und die tetraedrische Hemiedrie des Minerals gibt ihm seine Eigenart. Um es kurz zu bezeichnen, wollen wir es Blendegesetz nennen.

An das Gesetz knüpfen sich Fragen formeller und genetischer Art. Es steht dem Spinellgesetz der Holoedrie des regulären Systems so nahe, daß es mit diesem zusammenfällt, sobald Fläche und Gegenfläche, $\pm p$ nicht mehr unterschieden wird. Es gibt Zinkblendezwillinge von solcher Ausbildung, daß sie weder dem Aussehen nach, noch durch Messung von Zwillingen nach dem Spinellgesetz unterschieden werden können.

Es entsteht die Frage, soll man das Gesetz der Zinkblende zum Spinellgesetz rechnen und danach bezeichnen? Soll man die Blendezwillinge Zwillinge nach dem Spinellgesetz (Spinellzwillinge) nennen? Genetisch wäre diese Zurechnung wohl begründet. Es besteht volle Analogie, die Unterschiede sind notwendig bedingt durch den Unterschied, den die Hemiedrie im Gegensatz zur Holoedrie mit sich bringt.

Formell wäre zu prüfen, ob die Definition des Blendegesetzes im Einklange steht mit der des Spinellgesetzes. Dies soll zunächst geschehen:

Formell hatten wir die Wahl zwischen zwei Arten der Definition eines Zwillingsgesetzes. Es waren die folgenden[2]:

1. Angabe der Symmetrieebene von beiden Individuen resp. von deren Embryonalpartikeln;
2. Angabe der Drehungsachse, durch die bei Drehung um 180° Individuum I in Stellung des Individuums II übergeführt werden kann.

Beide Definitionen decken sich, sobald zu jeder Fläche eine gleichwertige Gegenfläche gehört, z. B. bei der Holoedrie des regulären Systems (Spinell). Sie decken sich nicht mehr, sobald Fläche und Gegenfläche ungleichwertig sind, z. B. bei der tetraedrischen Hemiedrie des regulären Systems (Blende).

[1] Vergl. Hintze, Handb. d. Min. 1900. **1**. 4,

[2] Vergl. Goldschmidt, dies. Jahrb. 1904. II. 93.

In der Untersuchung von Goldschmidt über Definition und Erkennung eines Zwillings wurde für die Definition 1 entschieden. Bei Definition 2 würde das Blendegesetz unter das Spinellgesetz fallen, denn beiden gemeinsam ist die Drehungsachse $\perp$ p = 1. Bei Definition 1 ist dies nicht der Fall, Symmetrieebene ist vielmehr eine Fläche q = $\frac{1}{2}$. Nehmen wir aber formell Definition 1 an, so sind die Blendezwillinge nicht zu den Spinellzwillingen zu rechnen.

Wegen dieses Widerspruches erschien es richtig, dem Blendegesetz den besonderen Namen zu belassen, wenn es auch genetisch, ebenso wie nach Definition 2 sich dem Spinell gesetz unterordnet.

In genetischer Beziehung[1] interessieren uns bei den Blendezwillingen folgende Fragen:

1. Welches sind die Hauptverknüpfer?
2. Welches sind die wichtigeren Deckflächen und Deckzonen, welches ist deren Rangordnung in bezug auf Verknüpfung zum Zwilling?
3. Haben wir bei Zwillingen und Viellingen Juxtaposition oder Durchdringung?
4. Haben wir bei der Verwachsung nach dem Tetraeder gleichsinniges oder ungleichsinniges Anheften der Embryonalpartikel?

Die Fragen 1 und 4 beantworten sich gemeinsam: Hauptverknüpfer ist die Tetraederfläche und zwar haben wir, soweit die Beobachtungen reichen, stets ein gleichsinniges Anheften.

Fig. 5.

Fig. 6.

Sind Fläche und Gegenfläche, hier p = + 1 und p' = − 1, ungleichwertig, so haben zwar beide die gleiche Normale, aber diese Normale hat zwei ungleiche Pole, einen + und einen −. Wir haben nun gleichsinniges Anheften im Fall Textfig. 6, ungleichsinniges im Fall Textfig. 5. Bei gleichsinniger Verwachsung stoßen an der Grenze je ein p und p' zusammen, bei un-

[1] Vergl. Goldschmidt, Über nichtparallele Verknüpfung der Kristallpartikel. Zeitschr. f. Krist. 1898. **25**. 4. Heft.

gleichsinniger Verwachsung treffen sich an der Grenze zwei gleiche Tetraeder $\begin{matrix}+\\+\end{matrix}$ oder $\begin{matrix}-\\-\end{matrix}$.

Der Nachweis der gleichsinnigen Anheftung ließ sich an den Flächen gut ausgebildeter Zwillingskristalle, sowie an geätzten Kugeln erbringen.

Der Nachweis an den Flächen von Zwillingen ist nicht neu. Dort zeigt er sich in folgender Weise: Stoßen an der Zwillingsgrenze zwei Tetraederflächen an einspringenden Winkeln zusammen, so sind es bei gleichsinniger Anheftung zwei ungleiche Tetraeder p und p' (Textfig. 7), bei ungleichsinniger Anheftung treffen sich an der Zwillingsgrenze zwei gleiche Tetraeder, p p oder p' p' (Textfig. 8). Die Ungleichheit oder Gleichheit erkennt man an der Oberflächenbeschaffen-

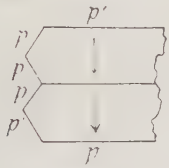


Fig. 7.

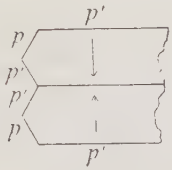


Fig. 8.

heit auch dann, wenn man nicht sagen kann, welcher der beiden Flächen das +-, welcher das —-Zeichen zukommt.

Durch Ätzung kann man die Ungleichheit vermehren und so den Nachweis präziser machen. Dies geschah an einer Anzahl von Zwillingen und Viellingen, jedesmal mit dem Erfolg, daß das Anheften sich als gleichsinnig erwies.

Der Nachweis gleichsinnigen Anheftens an geätzten Kugeln erfolgte:

1. aus der Anordnung der Ätzgrübchen,
2. aus dem Verlauf der Reflexe.

Kugeln aus der Blende von Picos de Europa (Santander) zeigten sich nach der Ätzung fast jedesmal aus einem System paralleler Zwillingslamellen bestehend, die, breiter oder schmäler, in der mannigfachsten Weise alternierten: manchmal ein breites, einheitliches Stück, dann wieder schmale, bis mikroskopisch feine Bänder, einzeln oder in großer Zahl.

Auf der Kugel zeichnen sich diese Lamellen als konzentrische Kreise, die nach beiden Enden kleiner werden, und

so einen Äquator und zwei Pole unterscheiden lassen (vergl. Textfig. 9).

Die Kreisebenen sind zugleich Zwillings- und Verwachsungsebene p p'. Die Pole bezeichnen den Ort, in dem die Normale der Zwillingsebene austritt, die Kugelprojektion des Tetraeders.

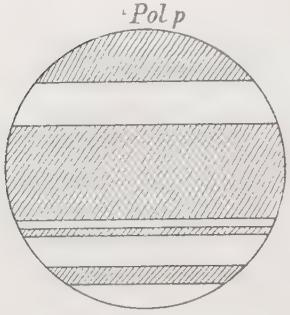


Fig. 9.

Die beiden Pole lassen sich unmittelbar erkennen und nach erfolgter Ätzung als zu p resp. p' gehörig (+-, —-Pol) unterscheiden. Es zeigt sich nun, von welcher Stelle eines Blendestückes auch die Kugel genommen sei, wie groß sie auch sei und wie die Verteilung der Lamellen, jedesmal der eine Pol als +, der andere als —.

Es sind somit alle Lamellen gleich orientiert in bezug auf die Achse der Verknüpfung. Wir haben durchweg gleichsinniges Anheften und Drehung jeder Lamelle gegen die benachbarte um 60° (180°) um die Achse der Anheftung.

Anmerkung: Die Erscheinung entspricht der Zeichnung auf der Oberfläche geätzter Kugeln aus Meteoreisen, wie solche für Meteoreisenstudien von Goldschmidt ausgeführt wurden (noch nicht publiziert). Der Nachweis aus der geätzten Kugel ist allgemeiner als der aus dem Zwillingspärchen, weil er bei der Kugel zugleich für sehr viele, nicht nur für zwei verzwillingte Individuen erfolgt. Die geätzten Meteoreisenkugeln hatte ich zu sehen Gelegenheit.

Vergleichung der Ätzfiguren auf der verzwillingten Kugel (Viellingskugel). An dem einen Pol zeigten sich nach der Ätzung mit Salzsäure Ätzgrübchen von lebhaftem Glanze. Er gab sich dadurch als +-Pol p zu erkennen. Der andere Pol erschien matt und ohne Ätzgrübchen. — Um die Ätzgrübchen des p'-Pols schlossen sich Reihen von Grübchen; sie bildeten ein glänzendes Band, das nach den drei anderen Punkten des Tetraeders p verlief, wo sich eine Anhäufung von Ätzgrübchen einstellte. Das Band der Ätzgrübchen, das der Zone p c p folgt, wird unterbrochen durch die anders ge-

richteten Lamellen und setzt sich auf diesen um 60° (180°) gedreht fort. An den Orten des Würfels c zeigt sich eine dichte Anhäufung der Grübchen. Taf. XXIII Fig. 17 b zeigt die Verteilung der Grübchen in etwas schematischer, aber mit der Beobachtung gut übereinstimmender Darstellung.

Bei weitergehender Ätzung zeigten sich noch mehrere, die früher gewonnenen Resultate bestätigende Tatsachen. Eine stark verzwillingte Kugel wurde eine Stunde in Salzsäure geätzt. Es traten dann die Teile der +-Richtung stark hervor durch größeren Widerstand gegen die Ätzung, die Teile der —-Richtung traten durch stärkere Löslichkeit mehr zurück. Da nun +- und —-Richtung alternierten, resultierte im Querschnitt ein kammartiges Gebilde, indem immer die in

Fig. 10.

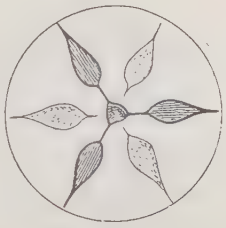


Fig. 11.

einer Richtung hervortretenden Zähne in der entgegengesetzten Richtung Lücken entsprachen (Textfig. 10).

Der Verlauf der Reflexzüge auf der Zwillingskugel stimmt durchaus mit der Untersuchung der Grübchen auf der Oberfläche der Kugel überein.

Wir erhalten im +-Pol den trigonalen Stern der Ätzgrübchenreflexe, wie er zu p gehört; von dort aus die Reflexzüge nach c hin. Bei c erhalten die Züge die diesem Punkte entsprechende rhombische Gestalt und laufen dann weiter nach den p-Punkten der unteren Kugelhälfte.

Die Lichtzüge sind überall da unterbrochen, wo die Lamellen in gedrehter Stellung sich einschieben. Sie setzen sich auf diesen fort um 60° (180°) gedreht (Textfig. 11).

Die Unterbrechung der Lichtzüge durch die Lamellen ist nicht so scharf wie die Unterbrechung der Grübchen; denn die Grübchen haben krumme Flächen, deren Reflexe sich weit

über den Ort der Grübchen ausdehnen. So kann bei passender Breite der Lamellen die Kugel das volle Zwillingsreflexbild zeigen, d. h. das Reflexbild zweier geätzter Kugeln um den Pol p um 60° gedreht.

Die Einheitlichkeit des Reflexbildes zeigt wieder, daß die Lamellen gleichsinnig gerichtet sind, daß die alternierenden zusammen je einen Kristall ausmachen, der von den Lamellen des anderen durchsetzt ist.

Formensystem und Zwillingsbildung. Deckflächen und Deckzonen. Zur Beantwortung der Frage, wie sich das Formensystem der Zinkblende bei der Zwillingsbildung gestaltet, betrachten wir am besten die Bilder der Gesamt-

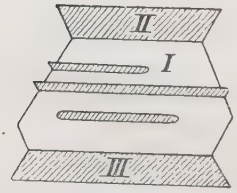


Fig. 12.

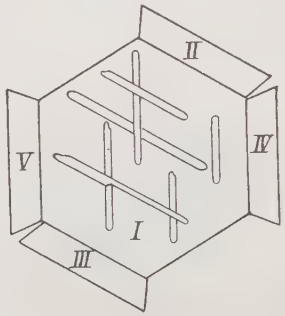


Fig. 13.

formen, projiziert auf die Tetraeder p und p· (Taf. XIX Fig. 2 und Taf. XX Fig. 3). Denken wir uns in diesen Bildern das Projektionsbild um 60° gedreht und mit dem ursprünglichen, nicht gedrehten Bilde vereinigt, so ergibt sich, daß bei der Zwillingsbildung vornehmlich die folgenden Zonenebenen zur Deckung kommen:

Deckzonen:	Deckpunkte:
Zone p·c d deckt sich mit Zone p·d p c,	d mit k·, p mit l·, c mit u·;
„ c d c „ „ „ „ d u·e k d,	k· „ d und e mit e.

Viellingsbildung ist bei Zinkblende sehr häufig. Sie zeigt sich in mehrfacher Weise.

1. Durch Wiederholung nach derselben Zwillingsebene und zwar

a) durch Aufsetzen von Kristallen in Zwillingsstellung (Textfig. 12, II und III) auf Fläche und Gegenfläche von I. Es sind dann II und III gleich orientiert;

b) durch Einschiebung von parallelen Lamellen in Zwillingsstellung. Die eingeschlossenen Lamellen pflegen die aufgesetzten Zwillinge zu begleiten und zwar oft in sehr großer Zahl. Manchmal erscheinen sie an der Oberfläche, manchmal verstecken sie sich im Innern und werden erst durch Ätzen sichtbar.

2. Durch Zwillingsbildung nach verschiedenen Tetraederflächen (Textfig. 13). Auch hier kann Aufsetzen auf Fläche und Gegenfläche (IV und V) stattfinden, sowie Einschaltung von Zwillingslamellen in großer Zahl parallel IV und V. — So entstehen Systeme sich durchkreuzender Lamellen. Sie erscheinen deutlich beim Ätzen der Oberfläche oder eines Querschnittes.

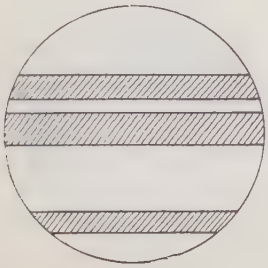


Fig. 14.

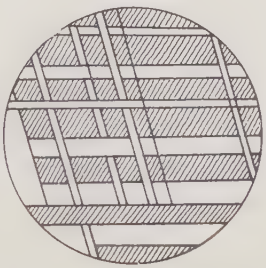


Fig. 15.

Diese Viellingsbildung sowohl durch Ansetzen wie durch Einschieben von Lamellen kann nach allen vier Tetraederflächen zugleich geschehen. Auf diese Weise entstehen sehr komplizierte Gebilde. Textfig. 14, 15 geben Beispiele solcher Bildungen.

Studium der Lamellensysteme in geätzten Kugeln. Die aus den Spaltstücken der Blende von Picos de Europa geschliffenen Kugeln zeigten sich bei der Ätzung fast nie als einzelne Kristalle, vielmehr als Systeme von Viellingslamellen. Manchmal wechselnd in breiten Bändern, dann wieder in Scharen paralleler Lamellen bis zur äußersten Feinheit.

Es wurden ferner beobachtet Durchkreuzungen von zwei, ja von drei und vier Lamellensystemen. Jedes Lamellensystem zeichnet sich auf die Kugel als ein System von Parallelkreisen, die nach zwei Seiten hin kleiner werden. Der Mittelpunkt

des letzten, kleinsten Kreises läßt sich auf der Kugel erkennen. Es ist der Ort (Kugelprojektion) des Lamellensystems[1].

Messung der Lage des Lamellensystems[1]. Es war zu vermuten, daß die Lamellensysteme parallel den Tetraederflächen p verlaufen: doch erschien es wichtig, dies durch Messung klarzulegen. Die Messung geschah in folgender Weise:

Die Kugel wurde mit Hilfe der Reflexe der Ätzfiguren am Goniometer polar gestellt und mittels der mit Teilung versehenen Parallelschlitten und Vertikalkreisachse genau zentriert (vergl. p. 184 ff.). Dann wurde die Kugel so gedreht, daß die Kreise eines Lamellensystems als Gerade

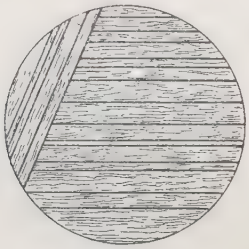


Fig. 16.

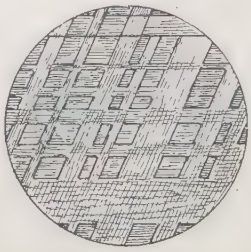


Fig. 17.

am Vertikalkreise erschienen. Die Ablenkung aus den beiden Goniometerkreisen ergab die Richtung der Lamelle. Dasselbe geschah mit verschiedenen Lamellensystemen.

Durchkreuzen, Durchdringen und Abschneiden der Lamellen. Treten zwei oder mehr Lamellensysteme auf, so beobachten wir entweder, daß das eine System das andere abschneidet (Textfig. 16) oder daß beide Systeme einander durchkreuzen, d. h. daß jede Lamelle sich nach dem Zusammentreffen mit einer Lamelle des anderen Systems in nahezu unveränderter Richtung und Breite hinter dieser fortsetzt (Textfig. 17).

[1] Das Messungs- und Untersuchungsverfahren von Lamellensystemen mit Hilfe der geätzten Kugel schließt sich an Untersuchungen von Goldschmidt über das Studium der Lamellensysteme am Meteoreisen (noch nicht publiziert) an. Es wurden die dort für das Meteoreisen aufgestellten Untersuchungsmethoden auf die Zinkblende übertragen.

Diese letztere sehr merkwürdige Erscheinung ist durchaus analog dem Verhalten der Lamellen in den Meteoreisen.

Bei dem Zwillingsgesetz der Zinkblende heftet sich also + Pol an — Pol des verzwillingten Individuums, niemals heften sich gleichsinnige Pole aneinander. Nehmen wir den einfachsten Fall, daß an einem Kristall +- und —-Tetraeder ausgebildet sind und denken wir uns auf jeder Tetraederfläche einen Kristall in Zwillingsstellung aufsitzen, so ergäbe das neun Kristalle in Zwillingsstellung; doch sind je zwei Kristalle, die auf Fläche und Gegenfläche sitzten, vollkommen gleich orientiert, parallel verwachsen, so daß ohne parallele Verwachsung nur fünf Kristalle in Zwillingsstellung treten. Die Bilder (Taf. XXI Fig. 12 u. 13) zeigen solche Fünflinge in gnomonischer Projektion. In Fig. 12 ist die obere Kristallhälfte auf p, in Fig. 13 die obere Kristallhälfte auf p' projiziert. Die fünf Individuen sind durch verschiedene Farben unterschieden. An jedem Kristall sind p, p' und c ausgebildet gedacht; die p-Punkte sind dreieckig, mit den Spitzen in die Richtung p c p, die c-Punkte zweieckig, in die Richtung der Zone p c p weisend; die p'-Punkte durch einfache Kreise gekennzeichnet.

Unterscheidung der ±-Formen. Die Unterscheidung von +- und —-Formen wurde zuerst von Sadebeck versucht (Zeitschr. d. geol. Ges. 1869. **21**. 620). Er stellte als Unterscheidungsmerkmal den Glanz und die „Größe" der Ausbildung der Tetraederflächen, sowie das Auftreten der „Leitformen" an einem Tetraeder auf. Als weiteres Kriterium gibt er folgendes: „Schaliger Bau kommt bei beiden Tetraedern vor; bei dem ersten (+)-Tetraeder sind die Schalen aber stets geradflächig begrenzt; bei dem zweiten (—)-Tetraeder treten als Begrenzung der Schalen lediglich Vizinalflächen oder gewölbte neben der scharfkantigen Begrenzung auf" (Zeitschr. d. geol. Ges. 1878. **30**. 592). Becke unterwarf diese beiden Unterscheidungsmittel einer Kritik an der Hand der sicheren Unterscheidung, die ihm durch Ätzversuche mit Salzsäure zur Verfügung stand. Er fand das von Sadebeck aufgestellte zweite Kriterium über die Verteilung gewölbter Flächen zutreffend; nicht zutreffend dagegen das Kriterium von Größe und Glanz, besonders nicht, wenn durch natürliche Ätzung

der Kristall oberflächlich verändert war. Daß krumme Flächen auch in Begleitung des negativen Tetraeders vorkommen, wies Kremer durch Ätzung von Kristallen aus Nordmarken nach. Soweit nun meine Erfahrung reicht, sind für die verschiedenen Fundorte die Verhältnisse verschieden; teils ist p, teils p' größer oder glänzender; bei manchen geht die Streifung auf c nach p', auf anderen nach p, auf wieder anderen nach beiden, so daß eine sich rechtwinkelig schneidende Netzstreifung entsteht. Auch Krümmungen habe ich bei dem positiven, wie bei dem negativen Tetraeder beobachtet.

Wenn nun auch der — - Oktant der stärker formbildende von beiden ist, so treten doch wichtige Flächen wie u und m in beiden Oktanten nebeneinander auf, so daß auch der Nachweis der abgeleiteten Formen durch die Messung kein sicheres Unterscheidungsmittel bietet.

Ein sicheres Kriterium, ob eine Form dem + - oder — - Gebiet angehört, ist aus den mit ihr zusammen auftretenden Flächen nicht zu erwarten. Auch ist das Formensystem der Blende noch nicht so genau bekannt, daß nicht immer noch Formen, die bisher nur in einem Oktanten beobachtet wurden, auch im anderen gefunden werden könnten. Ferner sind flächenreiche Kristalle nicht häufig, und die bei den gewöhnlichen Kombinationen auftretenden Formen sind entweder neutral, wie Würfel und Dodekaeder, oder sie sind sowohl im + - als im — - Gebiet bekannt, wie q, m, n . . .

Becke gab als bestes Kriterium die Ätzung mit Salzsäure, und auf diesem Wege sind auch bisher die Formen auf + - und — - Vorzeichen geschieden worden. Becke ätzte die Kristalle in der siedenden Säure je nach dem Eisengehalt 10—25 Minuten. Dieses Verfahren, so schön es ist, wo es sich anwenden läßt, ist jedoch in vielen Fällen nicht durchführbar.

Fehlen bei einem Kristall die Hauptflächen p und c, was bei dodekaedrischem Habitus nicht selten ist, so entstehen gar keine oder nur undeutliche Ätzfiguren; auf den Dodekaederflächen bilden sich mit Salzsäure bei der reinen hellen Blende keine Ätzfiguren. Bei eisenreichen Blenden entstehen Ätzhügel, deren Reflexe jedoch symmetrisch nach p und p' verlaufen, so daß sie ein Mittel zur Unterscheidung von $\pm$ nicht bieten.

Daß gerade die Ätzung auf den Dodekaederflächen kein gutes Kriterium liefert, ist recht bedauerlich, da diese Flächen entweder vorhanden sind oder durch Spaltung leicht gewonnen werden können. Da wo ein Kristall abgebrochen ist, stellen sie sich an der Bruchstelle als Spaltflächen von selber ein.

Bei hinreichend großen Kristallen ist die Schwierigkeit, daß p und c fehlen, unschwer zu beseitigen, indem man den Kristall auf dem früher erwähnten Schleifapparat orientiert und die fehlenden Flächen anschleift, eventuell bei klein ausgebildetem p und c diese Flächen nachschleift.

Versuche, durch Ätzung mit Salpetersäure unter Zusatz von Kaliumnitrit (vergl. p. 186) Ätzfiguren auf der Dodekaederfläche zu erzielen, die eine Unterscheidung von +- und —- Formen gestatteten, führten zu keinem Ergebnis. Die Reflexe, in Gestalt breiter Lichtflecke, waren zur Trennung von ± nicht zu gebrauchen, da ein Zonenzug nach p nicht auftrat.

Auch bei der Ätzung mit Ätzkali konnte kein entscheidendes Resultat erhalten werden, weil die von d ausgehenden Lichtzüge nach p und p' hin symmetrisch verlaufen. Erst in der Nähe von p resp. p' zeigen die Lichtzüge ein verschiedenes und für die Unterscheidung von p, p' charakteristisches Aussehen.

Der Unterscheidung von ± durch Ätzung steht noch ein anderer Umstand entgegen. Gut ausgebildete Kristalle, die durch Messung interessante Resultate geliefert haben oder solche versprachen und dadurch wertvoll sind, will man nicht gern der Ätzung aussetzen, weil diese den Kristall zerstört, die schwächer entwickelten Formen wegnimmt, die Hauptflächen matt macht oder mit Ätzfiguren bedeckt, die Kanten abrundet. In solchen Fällen kann man sich manchmal, wenn auch nicht immer, in der Weise helfen, daß man einen ähnlich ausgebildeten, weniger wertvollen Kristall derselben Stufe ätzt und die beim zweiten Kristall gefundenen Resultate auf den ersten überträgt.

Nun ist es aber von der größten Wichtigkeit für unsere Kenntnis der Zinkblende, die +- und —-Richtung unterscheiden zu können und zwar auch an solchen Kristallen, deren gut ausgebildete Flächen nicht durch Ätzung zerstört werden dürfen.

Im folgenden möge ein solches Verfahren angegeben werden, das sich als brauchbar erwiesen hat und das sich auch auf andere Kristallarten übertragen läßt.

Ätzen unter Einhüllen der zu schützenden Stellen.

Wir wollen den Fall betrachten, der für die Zinkblende der häufigste ist und der auch als der allgemeinste gelten kann.

Der Kristall sei am freien Ende mit zu schonenden Flächen bedeckt und ausgebrochen; an der Bruchstelle hat er die Dodekaederspaltflächen.

Wir haben folgende Operationen:

1. Aufsetzen und Messen des Kristalls mit dem freien Ende nach oben;
2. umgekehrtes Aufsetzen und Orientieren nach den Spaltflächen und Anschleifen einer Ätzfläche;
3. Loslösen vom Objektträger und
4. Einbetten in die Schmelzhülle;
5. Ätzen.

Hierzu möge im einzelnen folgendes bemerkt werden:

ad 1. Die Messung entfällt, wenn bereits der Anblick die Formen erkennen und deuten läßt;

ad 2. Als Ätzfläche schleift man eine Würfelfläche (c) oder eine Tetraederfläche (p oder p') an, je nach der Art, wie der Kristall abgebrochen ist. Jede dieser Flächen gibt bei der Ätzung Auskunft über $\pm$.

Zum genauen Anschleifen dient der bereits erwähnte Schleifapparat (s. p. 174); doch kann im vorliegenden Fall auch aus freier Hand auf irgend einer rotierenden oder ruhenden Scheibe angeschliffen werden. Denn einerseits kommt es bei den Ätzflächen auf eine Abweichung von etwa 5° in der Orientierung nicht an — die Ätzfiguren und deren Lichtzüge, auf die es ankommt, fallen deshalb nicht anders aus —, anderseits hat das Auge einen guten Blick für die symmetrische Lage der Würfelfläche wie der Tetraederflächen gegen die Spaltflächen. Endlich ist es für die Ätzung nicht nötig, daß die Ätzfläche ganz eben ist.

Die Würfelfläche sitzt symmetrisch gegen zwei Paar Spaltflächen, die 90° gegeneinander geneigt sind, die Tetraeder-

fläche hat eine symmetrische Lage gegen drei Spaltflächen, die 60° (120°) gegeneinander geneigt sind.

Das Anschleifen nach dem Augenmaß geht rasch und bequem und hat völlig genügende Genauigkeit für den vorliegenden Zweck. Dies ist ein wesentlicher Vorteil, da nicht jedem ein Schleifapparat zur Verfügung steht.

Zum Anschleifen am Schleifapparat diente ein Kristallträger in Form eines Stifts (Textfig. 18 a, b), zum Anschleifen aus freier Hand besser ein Objektträger (Textfig. 18 c, d). Das Aufkitten geschieht mit dem Kitt, mit dem wir die Kristalle zum Messen aufzusetzen pflegen oder mit Kanadabalsam.

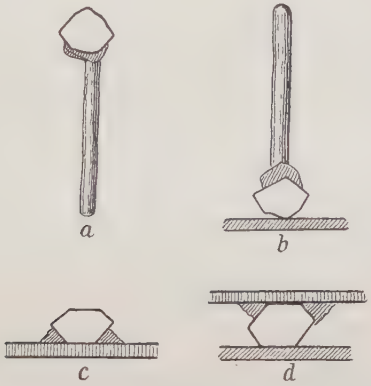


Fig. 18.

ad 3. Das Loslösen des Kristalls erfolgt durch Abkratzen des Kittes mit dem heißen Messer oder durch direktes Erwärmen des Objektträgers. Läßt sich der Kristall nicht leicht abnehmen, so legt man ihn mit dem Träger in Petroleum, worin sich der Kitt löst. Das Petroleum wäscht man mit Spiritus ab.

ad 4. Das Einbetten geschieht so. Man legt den Kristall mit der angeschliffenen, zu ätzenden Fläche (Textfig. 18 c) auf eine ebene Unterlage, am besten auf eine kleine Glasplatte und übergießt mit einigen Tropfen des Schutzmittels. Als Schutzmittel empfiehlt sich ein Gemisch, bestehend aus zwei Volumteilen Schwefelblume und einem Teil gepulvertem Flußspat. Dieses Gemisch schmilzt man in einem Porzellan-

tiegel oder -Löffel über der Spiritusflamme und gießt einige Tropfen bis zur völligen Einbettung über den Kristall. Dieser läßt sich dann von der Unterlage abheben und ist ringsum eingebettet bis auf die zu ätzende Fläche, mit der er auf der Unterlage gelegen hat.

Ein kleiner Kunstgriff möge hier erwähnt sein. Bestreicht man die Glasplatte vor dem Aufgießen des Einbettungsmittels mit dem feuchten Finger, so läßt sich der Kristall samt seiner Umhüllung nach dem Erkalten mühelos abheben.

ad 5. Die Ätzung erfolgt am besten mit Salpetersäure unter Zusatz von Kaliumnitrit (vergl. p. 186) bei einer Temperatur von ca. 95° C. Siedende Salzsäure ist in diesem Falle deshalb nicht zu empfehlen, weil ihr Siedepunkt (110° C) zu dicht am Schmelzpunkt des Schwefels (114°) liegt. Die Ätzfiguren auf p und c sind bei Salpetersäure ebenso charakteristisch zur Unterscheidung von ± wie bei Salzsäure. Die p'-Flächen geben hier tiefe Bohrungen, die leicht von Ätzgrübchen zu unterscheiden sind.

Das Verfahren wurde in allen seinen Einzelheiten beschrieben, um dem Leser die Anwendung bequem zu machen. Es geht rasch, leicht und sicher.

Beschreibung einiger gemessener Kristalle.

Zinkblende von Binnenthal. Taf. XXIII Fig. 18 und Taf. XXIV Fig. 26 a, b sind zwei Drillingskristalle abgebildet, die die häufige Kombination p, p' und c zeigen. Die p' = —1-Flächen sind die größeren der Tetraederflächen. Das Vorzeichen wurde durch Ätzung der ganzen Kristalle mit Salzsäure bestimmt. Bei der Ätzung wurden die größeren Flächen matt, die kleineren, sowie der Würfel bedeckten sich mit Ätzgrübchen. Ein Bild der Reflexe eines Individuums der geätzten Kristallgruppe zeigt die stereographische Projektion auf p (Taf. XXIII Fig. 19, Taf. XXIV Fig. 24). Die Reflexbilder unterscheiden sich von denen auf der Kugel und überhaupt von den bei der hellen Blende erzielten dadurch, daß nur der zentrale Teil der Lichtfigur um p und c erscheint.

Beide Kristalle zeigen sehr schön die gleichmäßige Anheftung, indem Fläche und Gegenfläche des Zwillings ungleich

geätzt werden. Das tritt auch deutlich hervor an den einspringenden Winkeln, in denen stets zwei Tetraederflächen mit umgekehrtem Vorzeichen aneinander stoßen. Der Kristall Fig. 18 zeigt außerdem in ausgezeichneter Weise die bei Blende so häufige lamellare Viellingsbildung. Bei beiden gezeichneten Kristallen findet sich ferner, was noch an mehreren anderen Kristallen beobachtet wurde, daß sich die jüngeren und schwächer entwickelten Individuen gern auf die p' = −1-Flächen des stärkeren Individuums aufsetzen.

Taf. XXIII Fig. 20 gibt das Bild eines Kristalls in ungeätztem Zustande. Der Kristall zeigt die Kombination c, p, p', wobei c am stärksten ausgebildet ist, p' etwas größer als p. Auf c zeigt sich eine blätterige, netzartige Zeichnung, herrührend von feiner Streifung parallel den Kanten p'p; auf p' eine dreiseitige Leistenbildung, deren Kanten parallel den Kombinationskanten mit dem Würfel laufen; auf p zeigen sich kleine flache Grübchen und Näpfchen. Der Reflex auf c hat, wie die Projektion zeigt, gleiche Symmetrie nach p und p'. Die Reflexlinien gehen, wenn auch sehr lichtschwach, bis p resp. p'. Die Zeichnung auf p' gibt einen dreiteiligen Stern, dessen Strahlen in die Zonenrichtung nach c fallen; die Grübchen auf p erzeugen nur verschwommene Lichtflecke in der Zonenrichtung pc. Die Unterscheidung von ± geschah durch Ätzung mit Salpetersäure + Kaliumnitrit unter Einhüllung der mit Accessorien bedeckten oben beschriebenen p-, p'-, c-Flächen (vergl. p. 208 ff.).

Blende von Kapnik. Taf. XXIII Fig. 21 zeigt einen Zwillingskristall mit kleineren eingeschobenen Lamellen. Träger der Kombination sind p, p' und d; ferner zeigt der Kristall noch die schwachen Flächen k' = $-\frac{1}{4}$. Interessant ist der Kristall dadurch, daß die um 90° gegen die Zwillingsebene geneigten Dodekaederflächen als beiden Zwillingsindividuen gemeinsam in eine Ebene fallen und ohne wahrnehmbare Grenze ineinander übergehen, als ob sie eine einheitliche Fläche wären.

Blende von Bensberg. Der nicht leicht zu verstehende Kristall mit schönen Akzessorien ist Taf. XVIII Fig. 22 als Kopfbild auf c gezeichnet. Es zeigt in schwacher Aus-

bildung c und p, eine stärkere Zone d v' u' q' d. Oscillatorisch treten noch die Flächen $o' = -\frac{2}{5}$ auf in Kombination mit q'. Träger der Kombination ist das Dodekaeder. Die einzelnen Flächen sind glatt und glänzend mit Ausnahme von q', das in der Richtung der Kombinationskanten mit u' und d eine Leistenbildung zeigt.

Das Reflexbild (Taf. XXII Fig. 15) zeigt in gnomonischer Projektion auf c einen Lichtzug von $c = o$ nach $d = \infty$ durch $o' = \frac{2}{5}$ und $u' = 2$. Ferner gehen von d Lichtzüge nach q'. Im Schnitt der beiden Lichtzüge erscheint ein lichtschwaches Feld.

Die Unterscheidung von +- und —-Formen geschah wie bei dem Kristall III von Binnenthal durch Ätzung mit Salpetersäure und Einhüllen der zu schonenden Flächen.

Blende von Alston Moor. Der Kristall zeigt die einfache Kombination von Dodekaeder als Hauptform und einer Fläche, die etwa $o' = -\frac{2}{5}$ entspricht. Diese Form erscheint als schiefe Abstumpfung der Dodekaederkanten. Die Fläche ist matt und gekrümmt, das Dodekaeder dagegen stark glänzend. Taf. XXIV Fig. 23 zeigt ein perspektivisches Bild des Kristalls, Taf. XXII Fig. 14 die beobachteten Reflexe in gnomonischer Projektion auf c. Die Reflexe auf d ziehen auch hier ebenso wie bei dem Kristall von Bensberg von d nach q'. Die schiefen Abstumpfungen der Dodekaederkanten zeigen kurze Reflexe in der Zonenrichtung c p'.

Das Bestimmen des Vorzeichens der Flächen geschah wie bei dem Kristall von Bensberg.

Blende von Óradna (Siebenbürgen). Es wurde eine größere Viellingsgruppe gemessen und gezeichnet. Taf. XXIV Fig. 25a gibt ein Kopfbild auf p', Fig. 25b ein perspektivisches Bild der Gruppe. Der Kristall zeigt in schöner Weise die Viellingsbildung nach dem Blendegesetz. Die Flächen des Kristalls haben deutlich sich unterscheidende Oberflächenzeichnungen: p' zeigt kleine flache Grübchen, p glatte Flächen, c feine Streifen in der Richtung der Kombinationskante mit p'. Das Vorzeichen der Flächen wurde durch Atzung mit Salzsäure unter Einhüllen in geschmolzenen Schwefel bei ca. 100° C festgestellt.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im mineralogischen Laboratorium des Herrn Prof. V. Goldschmidt in Heidelberg ausgeführt, die chemischen Arbeiten in den Laboratorien der Herren Prof. G. Bredig und Prof. M. Dittrich. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, genannten Herren, insbesondere Herrn Prof. V. Goldschmidt für das freundliche Interesse, das sie meiner Arbeit entgegenbrachten, sowie für ihre Anregung und bereitwillige Unterstützung bei diesen Studien herzlich zu danken.

Lebenslauf.

Ich, Philipp Hochschild, bin geboren am 29. Dezember 1883 zu Frankfurt a. M. als Sohn des Kaufmanns Zachary Hochschild und seiner Gemahlin Philippine, geb. Ellinger. Ich bin israelitischer Konfession und preußischer Staatsangehörigkeit. Vom Jahre 1890—1893 besuchte ich die Vorschule, vom Jahre 1893 ab das Realgymnasium der Musterschule zu Frankfurt a. M., das ich Ostern 1902 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich bezog Ostern 1902 die Universität München als Student der Naturwissenschaften, Ostern 1903 die Bergakademie zu Freiberg i. S. als Student der Hüttenkunde. Von Ostern 1905 bis Herbst 1906 lag ich in Heidelberg dem Studium der Mineralogie und Geologie ob.

Fig 4
Atzung mit HCl. Reflexzüge. Gnomonische Projektion auf c=0

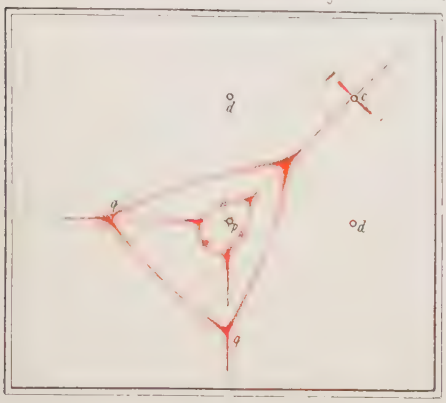


Fig. 22
Bensberg

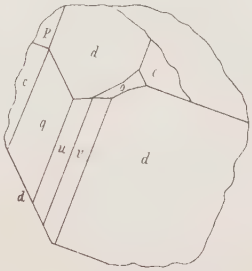
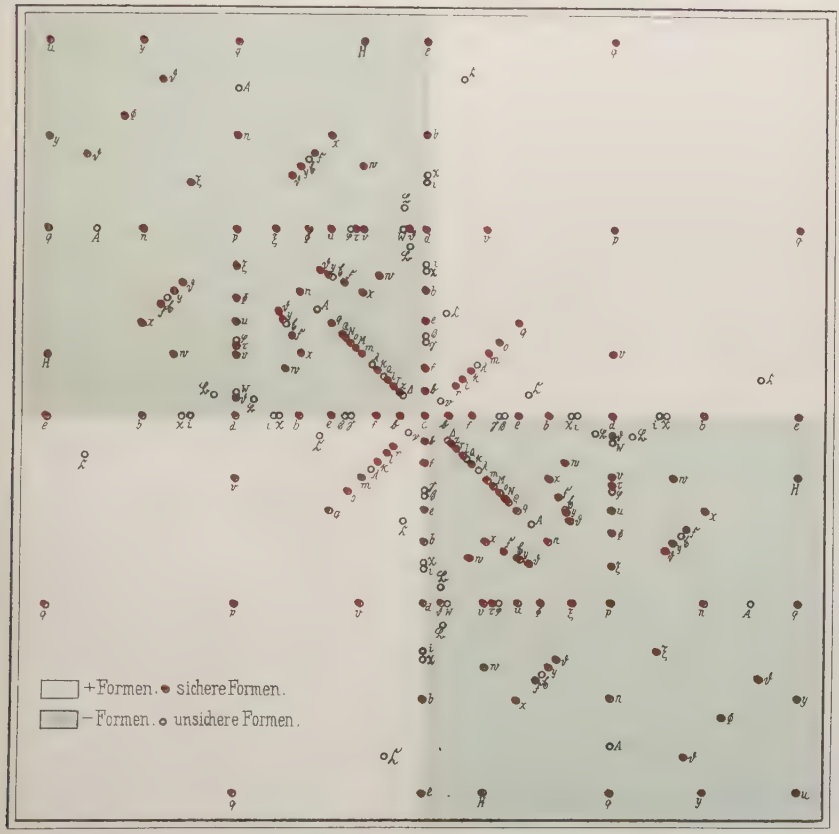


Fig. 1
Zinkblende. Gnomonische Projektion auf c=0. Gesamtbild.



Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart.

Atzung mit HCl. Reflexzüge. Gnomonische Projektion auf p=+1

Fig. 1

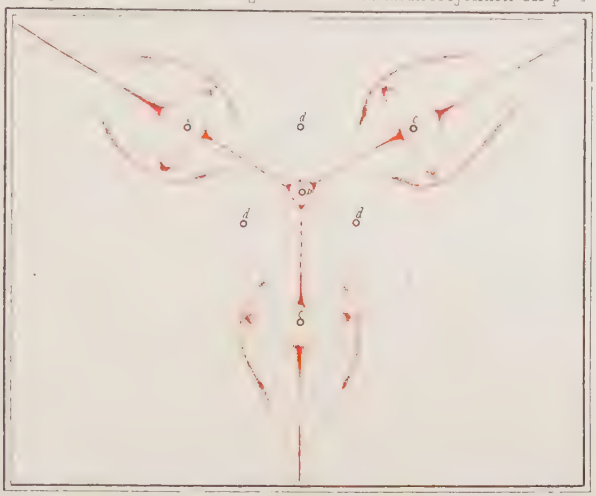
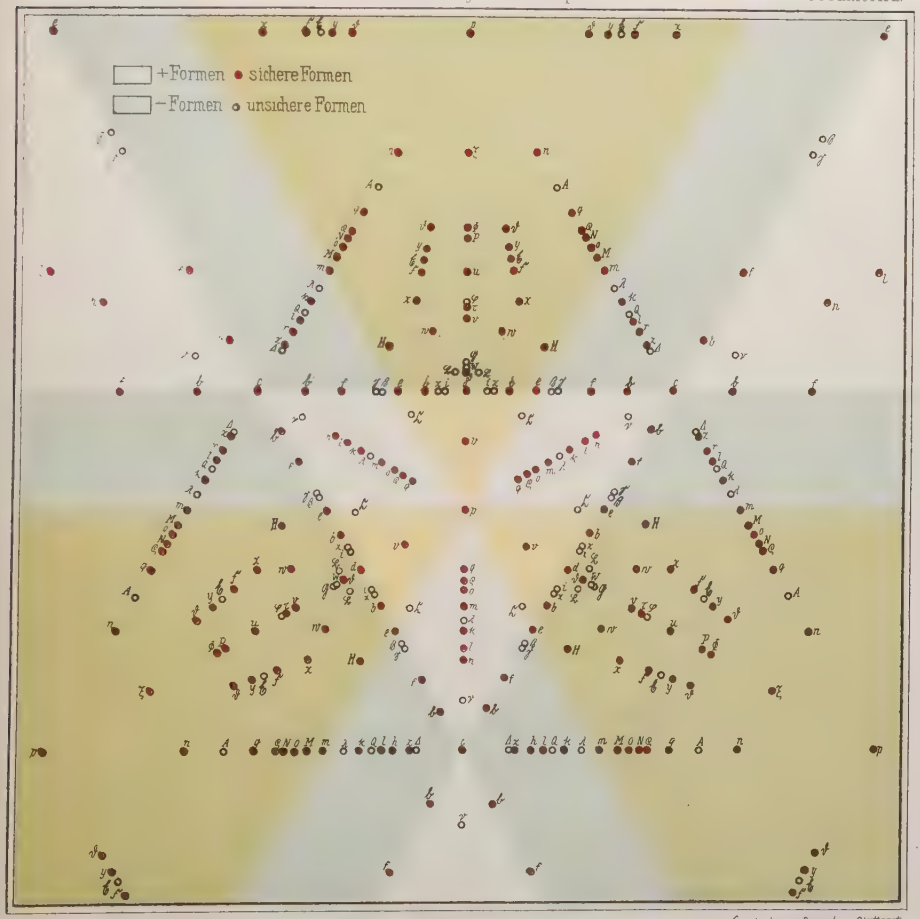


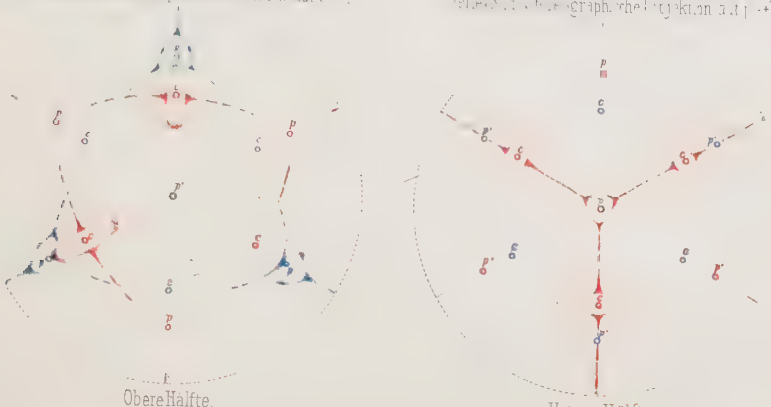
Fig. 2

Zinkblende. Gnomonische Projektion auf p=+1. Gesamtbild.



Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart.

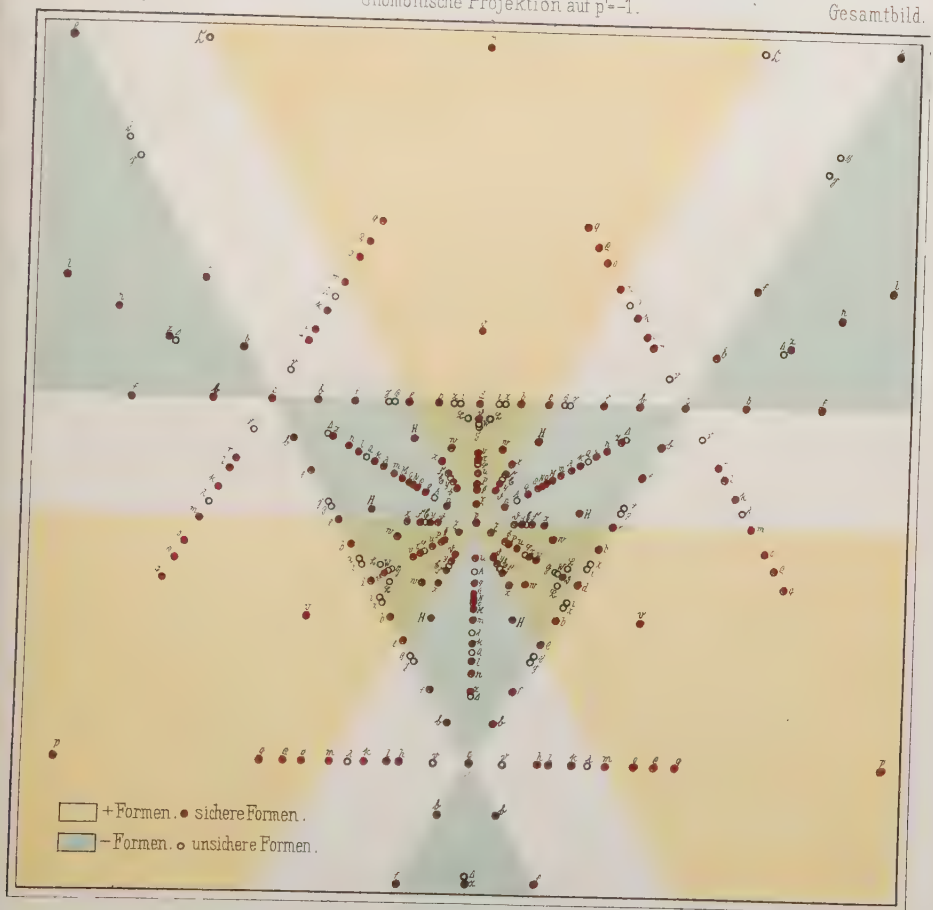
Fig. 7



Obere Hälfte. Untere Hälfte.

Fig. 3.
Gnomonische Projektion auf p'=-1.

Zinkblende. Gesamtbild.



Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart.

Fig. 8.
Ätzung mit HNO_3. Gnomonische Projektion auf c=o

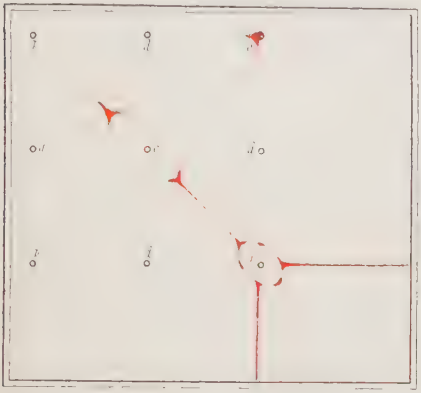


Fig. 9.
Ätzung mit HNO_3. Reflexzüge. Gnomonische Projektion auf p=+1

Fig. 10.
Ätzung mit KOH. Reflexbild. Gnomonische Projektion auf c=o

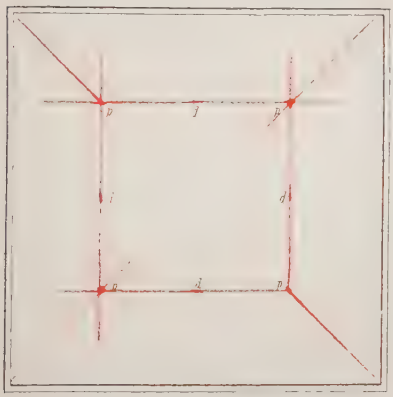


Fig. 11
Kugel mit KOH geätzt. Reflexbild. Gnomonische Projektion auf p=1

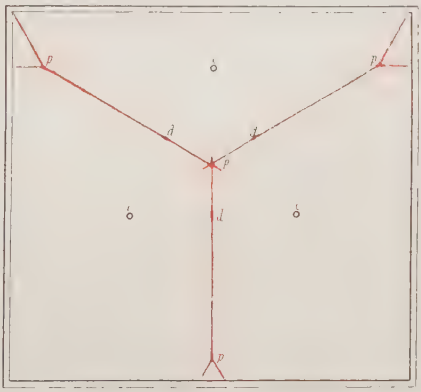


Fig. 12.
Gnomonisches Bild der Punkte ppc eines Fünflings. Projektion auf p=1.

Fig. 13
Gnomonisches Bild der Punkte pp'c eines Fünflings. Projektion auf p=-1.

Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart.

Fig. 14.
Reflexbild eines Krystalls von Alston Moor Gnomonische Projektion auf c=0.

Fig. 15
Reflexbild eines Krystalls von Bensberg. Gnomonische Projektion auf c=0.

Fig. 27.
Lösungskörper mit Salzsäure.

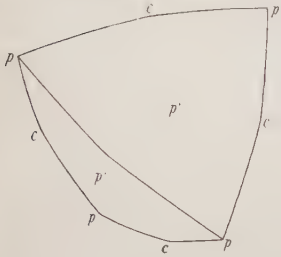


Fig. 28.
Lösungskörper mit Salpetersäure.

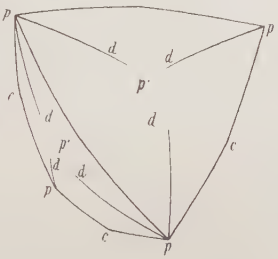


Fig. 29.
Lösungskörper mit Kalilauge.

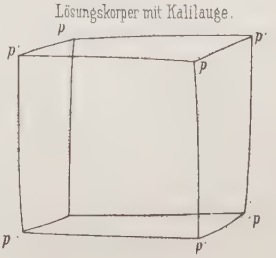


Fig. 24.
Reflexbild eines Krystalls von Binnental. Gnomonische Projektion auf p=+1.

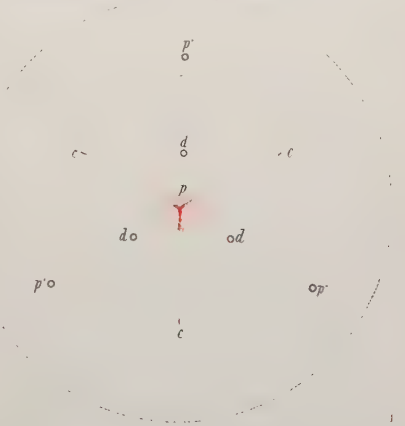


Fig. 16a
Ätzgrübchen mit Salzsäure auf p=+1.

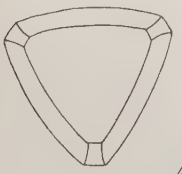


Fig. 16b
Ätzgrübchen mit Salzsäure auf c=0.

Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart.

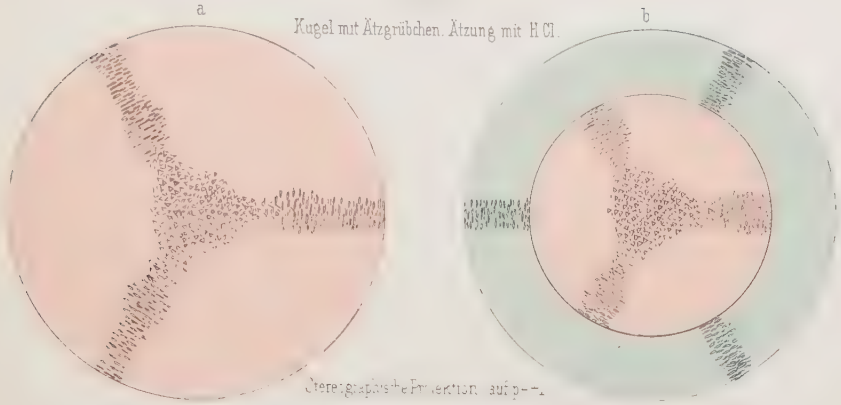


Fig. 18
Binnental.

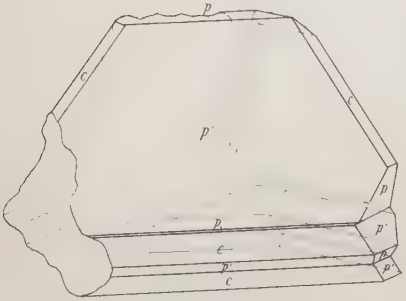


Fig. 19
Binnental. Gnomonisches Reflexbild von Fig. 20.

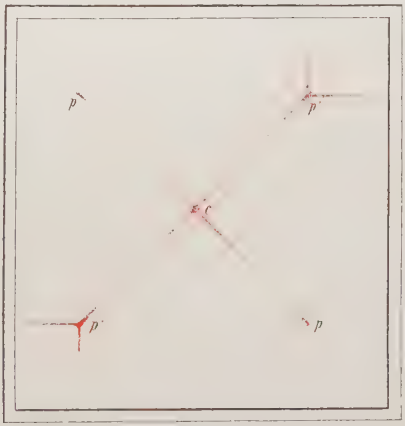


Fig. 21
Kapnik.

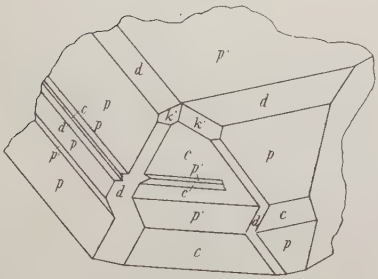
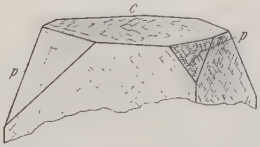


Fig. 20.
Binnental.



Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart.

Fig. 25a.
Oradna.

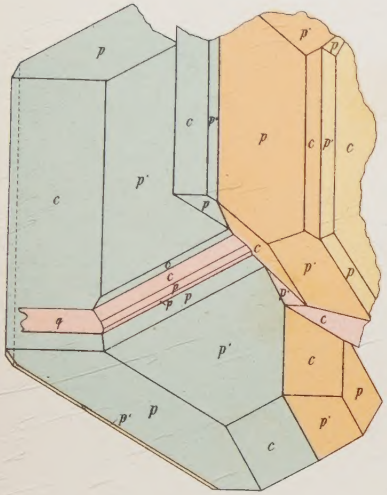


Fig. 26a.
Zwilling. Binnental.

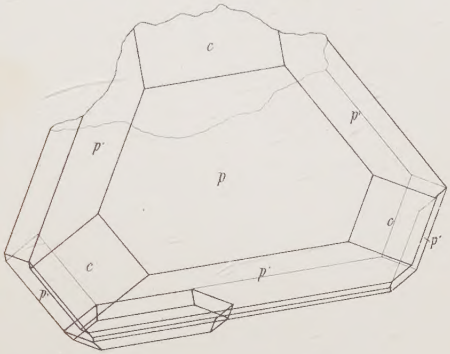


Fig. 26b.

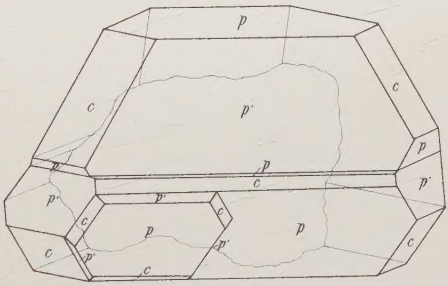


Fig. 25b.

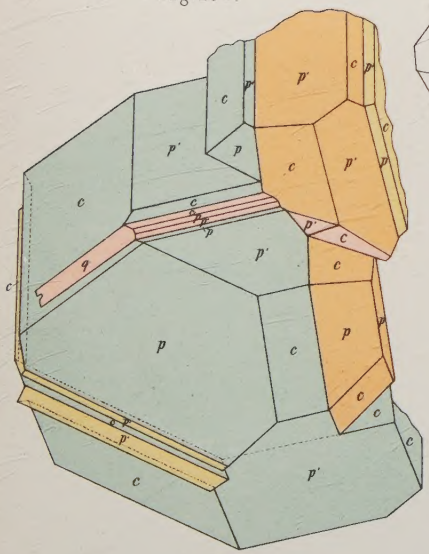


Fig. 23.
Alston Moor.

Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart.

Druck von Carl Grüninger, Stuttgart.